

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки (специальность): Машиностроение 15.04.01
Отделение инженерной инженерии

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Разработка источника питания сварочной дуги на базе импульсно-регулируемого сопротивления

УДК 621.791.75.037

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ61	Лисицын Александр Андреевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отдела электронной инженерии	Князьков Анатолий Федорович	к.т.н, доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент школы базовой инженерной подготовки	Данков А. Г	к.и.н, доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева И. Л			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
15.04.01 Машиностроение. Машины и технологии сварочного производства	Гнюсов С.Ф.	д.т.н		

Томск – 2018 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП 15.04.01

Код результата	Результат обучения
<i>Универсальные компетенции</i>	
P1	Способность применять глубокие естественнонаучные, математические и инженерные знания при создании новых конкурентоспособных технологий изготовления деталей и сборки машин с применением компьютерных технологий
P2	Способность ставить и решать инновационные инженерные задачи с использованием системного анализа и моделирования объектов и процессов машиностроения
P3	Способность разрабатывать методики и организовывать проведение теоретических и экспериментальных исследований в области технологии машиностроения с использованием новейших достижений науки и техники
P4	Способность проводить маркетинговые исследования, используя знания проектного менеджмента, участвовать в создании или совершенствовании системы менеджмента качества предприятия
P5	Способность работать в многонациональном коллективе над междисциплинарными проектами в качестве исполнителя и руководителя
P6	Способность подготавливать научно-технические отчеты, обзоры, методическую документацию, публикации по результатам выполненных исследований в области машиностроения
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P9	Применять глубокие знания в области конструирования сборочно-сварочных приспособлений, механизации и автоматизации сварочных процессов с учетом специфики технологии изготовления сварной конструкции
P10	Решать инновационные задачи по сварке специальных сталей, применению современных методов неразрушающего контроля с использованием системного анализа и моделирования процессов контроля
P11	Ставить и решать инновационные задачи по применению необходимого оборудования для контактной сварки, проектировать сварочные процессы с принципиально новыми технологическими свойствами, конкурентоспособных на мировом рынке машиностроительного производства

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки (специальность): Машиностроение
Отделение инженерной инженерии

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
Гнюсов Сергей Федорович

(Подпись)

(Дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
1ВМ61	Лисицын Александр

Тема работы:

Разработка источника питания сварочной дуги на базе импульсно-регулируемого
сопротивления

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

*(наименование объекта исследования или проектирования;
производительность или нагрузка; режим работы
(непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид
сырья или материал изделия; требования к продукту,
изделию или процессу; особые требования к особенностям
функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в
плане безопасности эксплуатации, влияния на
окружающую среду, энергозатратам; экономический
анализ и т. д.).*

Система импульсного питания сварочной дуги

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Анализ современных устройств для импульсного питания сварочной дуги; 2) Разработка технического задания; 3) Состав системы импульсного питания; 4) Схемное решения; 5) Экспериментальная часть; 6) Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережения; 7) Социальная ответственность; 8) Заключение.
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Цель и задачи; 2) Импульсные системы питания сварочной дуги; 3) Функциональная схема импульсной систему; 4) Схемные решения импульсной системы; 5) Экспериментальная часть; 6) Менеджмент; 7) Социальная часть; Заключение.
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>1)Анализ современных устройств для импульсного питания сварочной дуги;</p> <p>2)Разработка технического задания;</p> <p>3)Состав системы импульсного питания;</p> <p>4)Схемное решения;</p> <p>5)Экспериментальная часть</p>	<p>Князьков Анатолий Федорович</p>
<p>6)Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережения</p>	<p>Данков Артем Георгиевич</p>
<p>7)Социальная ответственность</p>	<p>Мезенцева Ирина Леонидовна</p>
<p>Иностранная часть</p>	<p>Игна Ольга Николаевна</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	

3.Состав системы импульсного питания
5.Экспериментальная часть

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
--	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Князьков Анатолий Федорович	Кандидат технических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ61	Лисицын Александр Андреевич		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 107 с., 17 рис., 15 табл., 15 источников информации.

Ключевые слова: импульсно – дуговая сварка, плавящаяся электродная проволока, прямоугольный импульс тока.

Объектом исследования является процесс импульсно – дуговой сварки плавящейся электродной проволокой.

Цель работы – разработка системы импульсного питания для сварки плавящейся проволокой, формирующая сложный прямоугольный импульс, совмещающий плавление и перенос электродного металла.

В процессе выполнения работы проводился анализ известных систем для импульсно–дуговой сварки плавящимся электродом; анализ существующих используемых на практике технических средств для формирования импульсов; проводились теоретические исследования влияния форм импульсов на процесс плавления и переноса электродного металла.

В результате исследования установлено, что оптимальной является сложная форма импульса сварочного тока.

Разработанное устройство относится к области дуговой сварки плавящимся электродом и может быть использовано для механизированной и автоматической сварки плавящимися проволоками, а так же в защитных газах и их смесях.

Магистерская диссертация выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2010 и графическом редакторе Компас 3DV16.

Диск CD–R с графическим материалом на обороте обложки.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ И НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей работе использованы следующие обозначения:

d_k – диаметр реальной капли расплавленного металла;

$d_э$ – диаметр электрода;

$I_{св}$ – сварочный ток;

F_z – давление потоков заряженных частиц;

F_k – сила динамической когезии;

F_p – реактивное давление паров металла, испаряющихся с торца электрода;

$F_{п.н.}$ – сила поверхностного натяжения;

F_t – сила тяжести;

$F_{эд}$ – электродинамическая сила;

R_k – вес капли расплавленного металла;

R_b – балластное сопротивление;

$t_{и.а.}$ – активная длительность импульса;

$t_{и.п.}$ – полная длительность импульса;

$T_{кр}$ – критическая температура плавления металла электрода;

$T_{пл}$ – температура плавления металла;

U_d – напряжение дуги.

$У1, У2, У3$ – импульсные усилители;

t_i – таймер отсчитывающий длительности импульса;

$t_{п}$ – таймер отсчитывающий длительности паузы;

4 2ИЛИ-НЕ – микросхема согласующая работу таймеров длительности импульсов и длительность паузы;

В настоящей работе использованы следующие сокращения:

БОС – блок обратной связи;

ИРС – импульсно–регулируемое сопротивление;

СД – сварочная дуга;

ЧИМ – частотный импульсный модулятор;
ИФЛ – искусственно-формирующая линия;
ФЭ – формирующий элемент;
ДН – датчик напряжения с двумя выходами;
ПДК – предельно-допустимая концентрация.

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

- 1.ГОСТ 2.702 – 2011 ЕСКД. Правила выполнения электрических схем.
- 2.ГОСТ 2.710 – 81 ЕСКД. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах.
3. ГОСТ 2.721 – 74 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах общего применения.
- 4.ГОСТ 2.725 – 68 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Устройства коммутирующие.
- 5.ГОСТ 2.728 – 74 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Резисторы, конденсаторы.
- 6.ГОСТ 12.1.003 – 83 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности.
- 7.ГОСТ 12.1.004 – 91 Пожарная безопасность. Общие требования.
- 8.ГОСТ 12.1.005 – 88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
- 9.ГОСТ 12.1.010 – 76 Взрывобезопасность. Общие требования.
- 10.ГОСТ 12.3.002.75 Процессы производственные. Общие требования безопасности.
- 11.ГОСТ 12.3.003 – 86 Работы электросварочные. Требования безопасности.
- 12.ГОСТ 12.4.009 – 83 Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание.
- 13.ГОСТ 1361 – 79 Щитки и маски для защиты электросварщика. Основные параметры и требования.

14. ГОСТ 9497 – 60 Светофильтры стеклянные для защиты глаз от вредных излучений на производстве.
15. СН 2.2.4/2. 1.8.562 – 96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
16. СНиП 23 – 05 – 95 Естественное и искусственное освещение.
17. ФЗ – 123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

импульсно – регулируемое сопротивление (ИРС): балластное сопротивление, зашунтированное тиристором с принудительной коммутацией.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	12
1 АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ИМПУЛЬСНОГО ПИТАНИЯ СВАРОЧНОЙ ДУГИ.....	16
1.1 КОМПЛЕКС СИЛ ДЕЙСТВУЮЩИХ НА КАПЛЮ	16
1.2 СПОСОБЫ ИМПУЛЬСНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПЛАВЛЕНИЕМ И ПЕРЕНОСОМ ЭЛЕКТРОДНОГО МЕТАЛЛА	20
1.3 СИСТЕМЫ ИМПУЛЬСНОГО ПИТАНИЯ СВАРОЧНОЙ ДУГИ	21
1.3.1 С накоплением энергии	21
1.3.1.1 В конденсаторах.....	21
1.3.1.2 В формирующих линиях	22
1.3.1.3 В магнитных элементах	22
1.3.1.4 В аккумуляторах	23
1.3.1.5 В маховых массах	23
1.4 СИСТЕМЫ С НЕПОСРЕДСТВЕННЫМ ПРЕОБРАЗОВАНИЕМ ЭНЕРГИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ	24
1.4.1 Системы с фазовым управлением	24
1.4.2 Шунтирование дросселя тиристором	25
1.4.3 Импульсно-регулируемое сопротивление.....	27
1.5 ЗАКЛЮЧЕНИЕ	28
2 РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ	30
3 СОСТАВ СИСТЕМЫ ИМПУЛЬСНОГО ПИТАНИЯ	32
3.1 ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА ИМПУЛЬСНОГО ПИТАНИЯ	32
4 СХЕМНОЕ РЕШЕНИЕ	35
4.1 РАЗРАБОТКА СИЛОВОЙ ЧАСТИ	35
4.2 РАЗРАБОТКА СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СВАРОЧНЫМ ЦИКЛОМ	39
4.3 СХЕМЫ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ	43
4.3.1 Датчик дугового напряжения	43
4.3.2 Разработка схемы обратной связи.....	44
4.4 РАЗРАБОТКА СХЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ НАПРЯЖЕНИЯ НА КОММУТИРУЮЩЕМ КОНДЕНСАТОРЕ	47
4.5 РАЗРАБОТКА ИМПУЛЬСНЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ	49
5 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.....	52
5.1 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА.....	52
5.2 СОСТАВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ.....	54
5.2.1 Назначение и область применения сварочного манипулятора	54

5.2.2 Сварочная головка ГСП – 2	55
5.2.3 БАРС – 2В.....	56
5.3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.....	57
6 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	60
6.1 ОРГАНИЗАЦИЯ И ПЛАНИРОВАНИЕ РАБОТ.....	61
6.2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЕМКОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ	63
6.3 РАСЧЕТ ЗАТРАТ.....	67
6.3.1 Расчет затрат на создание прототипа.....	67
6.3.2 Расчет затрат на электроэнергию	69
6.3.3 Расчет затрат на основную заработную плату	70
6.3.4 Расчет дополнительно заработной платы.....	72
6.3.5 Расчет отчислений во внебюджетные фонды	72
6.4 ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТА	74
7 Социальная ответственность.....	78
7.1 Производственная безопасность.....	78
7.2 Экологическая безопасность.....	88
7.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	89
7.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	91
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	95
Приложение А	97
CD диск в конверте на обороте обложки	

Введение

АКТУАЛЬНОСТЬ. Дуговая сварка плавящимся электродом занимает в промышленности первое место как по объему и стоимости продукции, так и по числу занятых рабочих и действующих установок. Это объясняется высокой универсальностью оборудования для дуговой сварки, его сравнительной простотой и невысокой стоимостью.

Даже при идеальных условиях выполнения сварки дефекты все равно возникают. Причин, способствующих образованию дефектов, очень много. К их числу можно отнести следующие: отклонения в режимах сварки; неуправляемое движение дуги, в том числе под действием магнитного дутья; нестабильный перенос металла, приводящий к неконтролируемым возмущениям сварочной ванны; произвольные колебания руки сварщика, приводящие, например при сварке полуавтоматом, к изменениям реальной скорости подачи электродной проволоки более чем на 30%. Поэтому основной задачей дуговой сварки плавящимся электродом в настоящее время является дальнейшее улучшение качества сварных швов, выполняемых в различных пространственных положениях [1].

Очевидно, что одной из наиболее важных характеристик, определяющих качество швов при сварке плавящимся электродом, является перенос электродного металла. Характер переноса металла через дуговой промежуток оказывает существенное влияние на устойчивость дугового разряда, протекание металлургических процессов, разбрызгивание металла и формирование шва в зависимости от условий сварки и характеристики сварочного оборудования изменяется и характер переноса.

Процесс образования и переноса капли расплавленного металла во многом определяет технологические возможности того или иного способа дуговой сварки. При обычных способах дуговой сварки в процессе ее ведения невозможно управлять размерами переносимых капель и частотой их переноса. Во многих случаях крупнокапельный перенос оказывается

нежелательным. Для получения мелкокапельного или струйного переноса, требуются большие токи, не приемлемые по тем или иным технологическим соображениям. Отсутствие управляемого направленного переноса электродного металла затрудняло осуществление сварки в различных пространственных положениях. Поэтому одной из важных задач является разработка способов изменения размера капель. Чем меньше размер капель, тем короче время их нахождения на торце электрода, они быстрее падают в сварочную ванну. Благодаря этому металл капли нагревается до более низких температур. Последнее обстоятельство и уменьшение соотношения поверхности, вступающей в реакцию, к объему капли, позволяют достаточно точно задавать ход металлургических реакций при сварке и получать требуемый состав и свойства шва. Увеличивается скорость плавления электрода, так как передача тепла дуги твердому металлу происходит через меньший слой жидкого металла. При более мелкокапельном переносе улучшается стабильность горения дуги.

Все усилия направленные на повышение качества в основном сводились к разработке источников питания и систем автоматического регулирования, позволяющих поддерживать неизменными заданные параметры режима в процессе сварки. Это позволило в какой-то мере исключить влияние внешних возмущений повысить качество и стабильность размеров сварных швов. Процесс формирования капли и ее перенос в сварочную ванну в таких системах остается неуправляемым. Большие возможности для активного управления процессом сварки, а именно: формирование жидкого металла на конце электрода в каплю и переносом ее в сварочную ванну дает способ импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом, разработанный в институте электросварки имени О.Е. Патона.

При импульсно–дуговой сварке плавящимся электродом на основную сварочную дугу постоянного тока, горящую при токе значительно меньшем критического, накладываются мощные кратковременные импульсы тока с определенной частотой. Во время импульса тока происходит резкое

увеличение электродинамических сил, которые формируют жидкий металл на конце электрода в виде капли с быстро сужающейся шейкой и сбрасывают ее строго в сварочную ванну при любом пространственном положении последней. Этот способ осуществляется с разделенными функциями плавления и переноса электродного металла.

Для сварки в среде защитного газа и их смесях стальными проволоками используется способ с совмещенными функциями плавления и переноса электродного металла, когда вся энергия для плавления и переноса электродного металла совмещена в импульсе сварочного тока с амплитудой несколько превышающей критического значения тока для конкретных условий сварки. ДОСТОВЕРНОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ И ВЫВОДОВ подтверждена их сходимостью с экспериментальными данными, полученными методом осциллографирования разработанного способа сварки дугой горячей в динамическом режиме.

ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ – импульсный источник питания на базе импульсно-регулируемого сопротивления.

ПРЕДМЕТ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ – импульсный источник питания на базе импульсно-регулируемого сопротивления для сварки плавящимся электродом.

НАУЧНАЯ НОВИЗНА проведенного диссертационного исследования:

1. Теоретически обоснована и практически подтверждена принципиальная возможность качественного формирования сварного шва импульсным источником питания на базе импульсно-регулируемого сопротивления.

2. Установлено, что для качественного формирования шва импульсным источником питания на базе импульсно-регулируемого сопротивления существует прямо пропорциональная зависимость между толщиной изделия и величиной дежурного тока.

3. Установлено, что физическая устойчивость горения дуги соблюдается при различных действующих факторов на дугу.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ.

1. Создана действующая экспериментальная установка для сварки импульсным источником питания на базе импульсно-регулируемого сопротивления.

Реализация и Апробация работы:

Материалы из магистерской работы докладывались на конференциях.

Система технологической адаптации процесса сварки неповоротных стыков трубопроводов [Электронный ресурс] / А. А. Лисицын; И. П. Габерлинг; науч. рук. А. Ф. Князьков // Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность : сборник трудов V Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, Томск, 25-29 мая 2015 г. в 2 т. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — Т. 2. — [С. 120-123]. Управление углом наклона сварочной головки при сварке неповоротных стыков трубопроводов [Электронный ресурс] / И. П. Габерлинг; А. А. Лисицын; науч. рук. А. Ф. Князьков // Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность : сборник трудов V Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, Томск, 25-29 мая 2015 г. в 2 т. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — Т. 2. — [С. 92-95]

1 Анализ современных устройств для импульсного питания сварочной дуги

1.1 Комплекс сил действующих на каплю

Характер переноса электродного металла определяется величиной и характеристиками сил, действующих на расплавленный металл электрода. В результате исследований и расчетов установлено, что основными из них являются следующие силы:

- а) поверхностного натяжения;
- б) электродинамическая, создаваемая сварочным током;
- в) тяжести;
- г) реактивная, вызываемая давлением паров металла;
- д) давление потоков заряженных частиц.

К каждой из представленных сил дадим краткий анализ и определим их роль в образовании и переносе капель металла, приняв следующие допущения: столб дуги неподвижен относительно электрода и соосен с ним; процессы в столбе дуги и сварочной ванне стабильны; равнодействующая сил, приложенных к расплавленному металлу электрода, направлена по оси электрода.

Сила тяжести определяется плотностью металла в расплавленном состоянии и объёмом капли. Она может играть заметную роль при сварке на малых токах. При сварке на малых токах в случае, когда электродинамическая сила незначительна, условие отделения капли приближенно можно записать в виде [4, С. 16]:

$$P_K \geq F_{н.н.}, \quad (1)$$

где P_K – вес капли.

При применении малых токов сварка с крупнокапельной формой переноса без коротких замыканий возможна только при больших длинах

дуги, превышающих диаметр реальной капли. Такая форма переноса возможна, но практически нецелесообразна из-за слишком значительного коэффициента потерь на разбрызгивание, плохое формирование шва, значительной неустойчивостью дугового разряда. Длительное пребывание капли на торце электрода до выполнения условия (1) способствует развитию химических реакций между металлом капли и окружающей средой. Скорость сварки незначительна. Из-за незначительной электродинамической силы, сварка в вертикальном и потолочном положении вообще не возможна.

Для получения качественного шва с хорошим формированием и без разбрызгивания при сварки без коротких замыканий дугового промежутка необходимо осуществлять мелкокапельный или же струйный перенос металла, при этом сила тяжести значительно меньше силы поверхностного натяжения и электродинамической.

Поверхностное натяжение определяет избыток свободной энергии, которой обладают молекулы, образующие 1 см^2 поверхностного слоя по сравнению с внутрилежащими молекулами в объеме жидкости. Величина поверхностного натяжения зависит от числа разных факторов, но в первую очередь от температуры и состава электрода. При увеличении температуры поверхностное натяжение малоуглеродистых сталей уменьшается. Снизить поверхностное натяжение так же можно, введя в каплю через флюс, газ, проволоку активные вещества, например кислород.

Результирующая сил поверхностного натяжения при сварке порошковыми проволоками [10] :

$$F_{\text{п.н.}} = \frac{2.1(T_{\text{кр}} - T)}{\left(M \cdot \frac{1}{\gamma}\right)^{\frac{2}{3}}} \cdot (\delta + l_k), \quad (2)$$

где $R_э$ – радиус электродной проволоки, m ;

γ – удельный вес, $г/см^3$;

M – молекулярный вес металла электрода;

$T_{кр}$ – критическая температура металла электродной проволоки, K ;

T – температура плавления металла электродной проволоки, K ;

δ – толщина ленты;

l_k – длина части ленты, которая контактирует с каплей.

Электродинамическая сила, сжимающая электрод и стремящаяся отделить расплавленный металл от него, может быть вычислена по формуле [4, С.7]:

$$F_{\partial\partial} = \frac{\mu_0 \cdot I_{\partial}^2}{4\pi} \cdot \ln \frac{R_{cm}}{R_{\partial}}, \quad (3)$$

где R_{∂} – радиус электродной проволоки, m ;

R_{cm} – радиус столба дуги, m ;

I_{∂} – сварочный ток, A ;

μ_0 – абсолютная магнитная проницаемость, $Гн/см$.

Как видно из формулы, электродинамическая сила зависит от логарифма отношения $\frac{R_{cm}}{R_{\partial}}$. Если $\frac{R_{cm}}{R_{\partial}} < 1$, что имеет место, например при некоторых

режимах сварки в CO_2 или при сварке сжатой дугой, $\ln \frac{R_{cm}}{R_{\partial}}$ имеет отрицательный знак. Электродинамическая сила в этом случае направлена от столба дуги к электроду, т. е. от меньшего сечения к большему и препятствует отделению капли совместно с силой поверхностного натяжения, реактивным давлением паров и заряженных частиц. Капли вырастают до значительных размеров, так как единственной силой, стремящейся отделить их от электрода, является сила тяжести [4, С.7]. При сварке в аргоне всегда имеет место свободно расширяющаяся дуга, т.е. всегда $\frac{R_{cm}}{R_{\partial}} > 1$ [4, С.7].

Из (3) видно, что электродинамическая сила пропорциональна квадрату тока дуги, увеличивается с увеличением диаметра столба дуги и уменьшением диаметра электрода.

Капля электродного металла подвергается аэродинамическому воздействию потоков паров и газов. Реактивное давление паров металла зависит от вида защиты, материала электрода и при определенных условиях может оказывать значительное влияние на процесс переноса электродного металла и формирование сварного шва.

Большое влияние на величину реактивного давления паров оказывает плотность тока в активном пятне. В активном пятне катода ее можно принять равной плотности тока в столбе дуги, равной 2200 A/cm^2 . Плотность тока в активном анодном пятне значительно меньше и может быть принята для дуг, горящих в аргоне и на воздухе, равной 1500 A/cm^2 . Вот почему давление паров на электрод при сварке на обратной полярности значительно ниже, чем при сварке на прямой полярности [4, С.9].

Давление потоков заряженных частиц. Заряженные частицы – электроны проводимости и ионы, попадая из столба дуги в приэлектродные области, ускоряются электродинамическими полями этих областей. При этом они приобретают определенную кинетическую энергию. В момент торможения частицы на поверхности электрода, количество движения ее превращается в импульс силы.

Силу давления электронов на анод можно найти из выражения [4,С.13]:

$$F_{\text{э}} = I_{\text{э}} \sqrt{\frac{2\mu_0}{e} \cdot U_0} \quad (4)$$

Силу давления ионов на катод [2,С.13]:

$$F_{\text{и}} = I_{\text{и}} \sqrt{\frac{2\mu_0}{l_{\text{и}}} \cdot U_{\text{к}}} \quad (5)$$

При сварке на прямой полярности, сила давления ионов на электрод соизмерима с силой поверхностного натяжения и электродинамической силой. Сумма сил давления паров и ионов при прямой полярности в аргоне

приближается к значению электродинамической силы. Это должно вызывать перенос более крупными каплями.

1.2 Способы импульсного управления плавлением и переносом электродного металла

В настоящее время достаточно широко применяются импульсные методы управления при сварке плавящимся электродом. Идея импульсного управления переноса электродного металла с разделенными функциями плавления и переноса электродного металла принадлежат ИЭС им. Е.О. Патона. При этом методе плавление электродной капли происходит при нормальном сварочном токе. После расплавления капли заданных размеров на сварочный ток накладывается импульс тока, который отрывает каплю от электрода и ускоренно переносит ее в сварочную ванну в любом пространственном положении.

Процесс сварки в CO_2 плавящимся электродом с переходом капель в сварочную ванну во время коротких замыканий так же можно отнести к процессу сварки с разделенными функциями плавления и переноса электродного металла: так как расплавление капли происходит во время горения дуги, а перенос в сварочную ванну во время короткого замыкания.

При совмещении функций плавления и переноса электродного металла вся необходимая энергия вводится во время импульса, а на интервале между импульсами горит дежурная дуга при небольшом токе, поэтому плавление электрода на этом интервале незначительно.

1.3 Системы импульсного питания сварочной дуги

1.3.1 С накоплением энергии

1.3.1.1 В конденсаторах

Первым вариантом серийных импульсных источников питания были источники с накопителями энергии в конденсаторах. К ним относятся импульсные источники питания типа ИИП-1 [6]. Силовая схема источника представлена на рисунке 2.

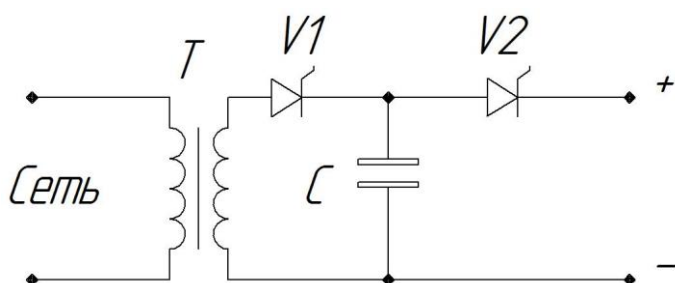


Рисунок 1.3.1.1 – Силовая схема источника

Схема представляет собой однофазный однополупериодный выпрямитель, состоящий из силового понижающего трансформатора Т и диода V1, заряжающего конденсатор С в положительный полупериод сетевого напряжения. В отрицательный полупериод генерируется импульс тока при разряде конденсатора через тиристор V2. Частота импульсов тока 50 имп./с.

Максимальная частота импульсов превышает частоту сети, поэтому заряд и разряд конденсатора происходят в течение одного полупериода сетевого напряжения. При всех режимах работы схемы собственная частота колебаний в зарядной цепи должна быть больше частоты питающей сети в 2,5 – 3 раза.

1.3.1.2 В формирующих линиях

Одним из вариантов создания устройства для импульсного питания сварочной дуги является применение искусственной формирующей линии, состоящей из LC ячеек (рисунок 1.3.1.2) [7].

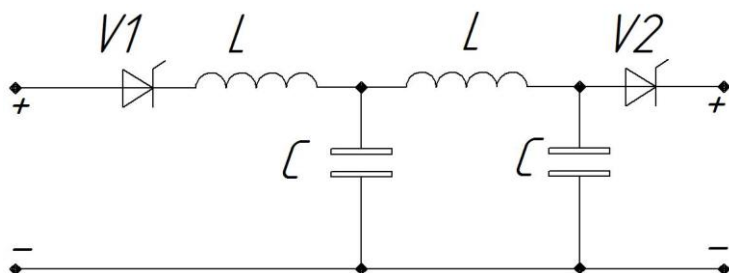


Рисунок 1.3.1.2 – Схема формирующей линии с зарядными и разрядными тиристорами

Питание схемы осуществляется от источника постоянного тока через зарядный тиристор $V1$, который подает напряжение на формирующую линию, состоящую из LC -ячеек. Разряд однородной формирующей линии через тиристор $V2$ создает импульсы прямоугольной формы. Применение однородной искусственной формирующей линии позволяет использовать оптимальную форму импульса сварочного тока для переноса капли расплавленного металла близкую к прямоугольной; использовать перезаряд ИФЛ для переноса капли, что существенно повышает максимально-возможную частоту генерирования импульсов сварочного тока.

1.3.1.3 В магнитных элементах

Индуктивные накопители энергии по сравнению с конденсаторными накопителями имеют более высокие энергетические показатели. Основная часть магнитной энергии накапливается в рабочих немагнитных зазорах магнитопровода при протекании тока в обмотке.

В электрических генераторах вначале происходит накопление магнитной энергии, а только затем отдача энергии нагрузке в генераторах и

трансформаторах и преобразование магнитной энергии в механическую энергию в двигателях. Такой режим работы позволяет повысить эффективность работы электрических машин и удельную мощность электрических машин.

Индуктивные накопители энергии не увеличивают электрический ток при уменьшении активного сопротивления нагрузки, что важно для сварки импульсами. Они заряжаются и разряжаются со значительно более высокой скоростью, а их обмотка, например, может быть залита отвердевающей смолой, и иметь, таким образом, более высокую механическую прочность, чем обкладки конденсаторов и соединения подводящих к ним проводов. Сварка магнитными накопителями энергии наблюдается в технике.

1.3.1.4 В аккумуляторах

Главной особенностью аккумуляторной сварки является то, что в конструкции используемых сварочных агрегатов присутствуют специфические щелочные аккумуляторы. Они имеют особую высокопрочную конструкцию и нормально переносят частые короткие замыкания. Такие аккумуляторы характеризуются низким внутренним сопротивлением. При коротком замыкании устройства дают ток, в сотни раз превышающий токи стандартной разрядки.

1.3.1.5 В маховых массах

Принцип действия инверторных импульсных агрегатов основывается на использовании массивного маховика. Он посажен на один вал с ротором генератора. Для разгона используется электродвигатель. Маховик накапливает кинетическую энергию вращения, после чего при выполнении непосредственно сварки частота его оборотов существенно

снижается. Благодаря этому происходит отдача накопленной энергии в виде импульса сварочного тока.

1.4 Системы с непосредственным преобразованием энергии электрической сети

1.4.1 Системы с фазовым управлением

Схемы импульсных источников без накопителей энергии, в которых импульсы формируются из полуволны переменного синусоидального напряжения, приведены на рисунке 1.4.1.

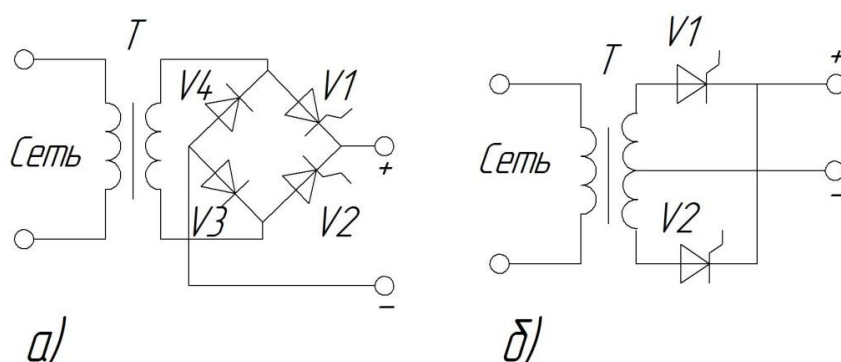


Рисунок 1.4.1 – Силовые электрические схемы импульсных источников без накопителей энергии: а – мостовой полууправляемый выпрямитель; б – двухполупериодный управляемый выпрямитель с нулевым выводом от вторичной обмотки трансформатора.

Силовая электрическая схема представляет собой мостовой полууправляемый выпрямитель с двумя тиристорами V1, V2, и двумя диодами V3, V4 и силовым понижающим трансформатором Т. При включении одного тиристора обеспечивается частота 50 *имп/с*, двух–100 *имп/с*.

Разновидностью рассмотренной схемы выпрямителя является схема двухполупериодного выпрямителя с нулевым выводом от вторичной обмотки и с двумя тиристорами V1 и V2 (рисунок 1.4.1, б).

1.4.2 Шунтирование дросселя тиристором

Одним из способов формирования тока является шунтированием сглаживающего дросселя тиристором. Способ поясняется схемой, изображенной на рисунке 1.4.2.

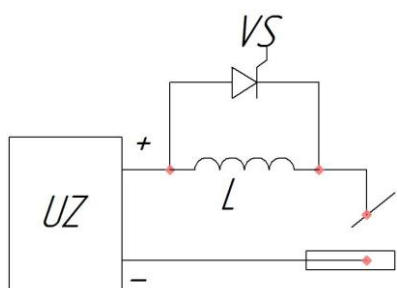


Рисунок 1.4.2.1 – Схема формирования тока шунтированием дросселя

Силовая часть источника питания включает в себя тиристорный регулятор UZ, сглаживающий дроссель L и тиристор VS, формирующий импульсы. Тиристорный регулятор формирует пульсирующее напряжение, периодически снижающееся до нуля или до уровня, который меньше потенциала горения дуги. В простейшем случае регулятор UZ состоит из однофазного сварочного трансформатора и двухполупериодного тиристорного выпрямителя.

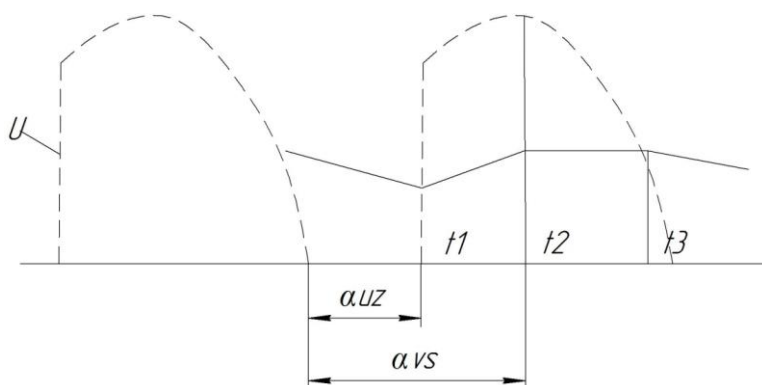


Рисунок 1.4.2.2– Кривая напряжения U , сформированного тиристорным регулятором

С момента t_1 , начинается нарастание сварочного тока, сглаженного дросселем L . В момент t_2 включается импульсный тиристор VS и напряжение U в виде импульса прикладывается непосредственно к сварочной дуге. Через тиристор VS протекают два встречных (контурных) тока: прямой ток импульса и обратный ток, запасенный дросселем L . Пока прямой ток больше обратного, ток тиристора равен их разности и тиристор открыт. По мере уменьшения напряжения U импульс тока снижается [8].

Поскольку величина R мала, а также ввиду того, что падение напряжения на тиристоре U_{vs} также мало и не превышает 1–1,5 В, базовый ток за время импульса практически не успевает измениться и остается на уровне. В момент t_3 , когда импульсный ток снижается до уровня неизменяющегося базового тока, тиристор VS закрывается, импульс затухает и дуга питается базовым током за счет энергии, запасенной дросселем. Таким образом, на участке t_1 – t_2 базовый ток нарастает и одновременно запасается энергия дросселя. На участке t_2 – t_3 базовый ток остается неизменным и энергия дросселя сохраняется, т.е. не расходуется. С момента t_3 до момента появления очередного участка синусоидального напряжения на выходе регулятора UZ базовый ток снижается и энергия дросселя отдается в сварочную цепь. Так как среднее напряжение дросселя в установившемся режиме равно нулю, напряжение дуги равно напряжению на выходе регулятора UZ и регулируется посредством изменения угла α_{uz} . При изменении угла включения α_{vs} происходит перераспределение значений базового и импульсного напряжений (токов) при неизменном напряжении дуги.

Шунтирование дросселя можно осуществлять совместно и поочередно в каждый полупериод с одним из двух вентилях регулятора UZ , что позволяет разгрузить указанные вентили от импульсного тока.

1.4.3 Импульсно-регулируемое сопротивление

Система питания с импульсно-регулируемым сопротивлением изображена на рисунке 1.4.3.

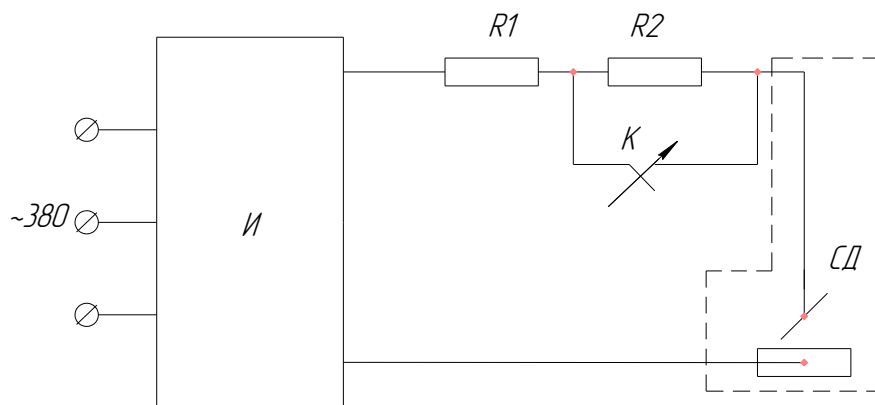


Рисунок 1.4.3 — Система питания с импульсно-регулируемым сопротивлением

Сварочная дуга питается как во время импульса, так и во время паузы от стандартного сварочного источника B , в качестве которого может быть использован любой стандартный сварочный источник постоянного тока. При этом в сварочную цепь последовательно включаются комбинация сопротивлений $R1$, $R2$, одно на которых на время импульса закорачивается полупроводниковым ключом. Сопротивление $R1$ определяет значение тока и импульса, а $(R1 + R2)$ — в паузе. В случае питания дуги от источника с крутопадающей внешней характеристикой $R1 = 0$, при питании от многопостового источника $R1 \neq 0$.

Для коммутации сварочного тока можно использовать транзисторы и тиристоры с принудительной коммутацией. Транзисторы могут выполнять функции регулируемого сопротивления, тогда $R1$ представляет сопротивление транзистора во время импульса, а $(R1 + R2)$ — во время паузы. По этому принципу строятся источники питания как для сварки не плавящимся электродом, так для сварки плавящимся электродом. При чем схемы источников питания для сварки не плавящимся электродом должны

исключать протекание коммутационных токов через дуговой промежуток для исключения дополнительной нагрузки на электрод.

Для выключения тиристорov, включенных последовательно в сварочную цепь, используют много схем принудительной коммутации различного типа. Для того чтобы правильно выбрать тип схемы необходимо выяснить специфику работы в комплексе со сварочной дугой и источником питания.

1.5 Заключение

В первой главе произведен анализ процесса переноса электродного металла как объекта управления. Проведенный анализ показал, что лучшие сварочно–технологические свойства процесса достигаются при импульсном управлении переносом. Известные системы формирования импульсов сварочного тока с накопителями энергии, которые обеспечивают перенос капли расплавленного металла в сварочную ванну, имеют двухступенчатый цикл работы (заряд накопителя – разряд на дугу), что ограничивает частоту генерирования импульсов. Также ограничивается частота срабатывания импульсов, и снижается надежность работы всей системы ввиду возможного протекания сквозного тока. В таких системах расплавление капли при изменении режима осуществляется при разных значениях тока, что приводит к изменению протекания металлургических реакций на стадии каплеобразования. Также эти системы используют синусоидальные и полусинусоидальные формы импульсов для переноса капли расплавленного металла в сварочную ванну, что приводит к вводу лишней энергии в каплю. Это обстоятельство является невыгодным с энергетической точки зрения.

Для управления переносом электродного металла целесообразно

применять модулятор тока с накоплением энергии, обладающие высокими энергетическими показателями и мало искажающие напряжение сети.

Для импульсного питания сварочной дуги целесообразно применять модуляторы в виде импульсно-регулируемого сопротивления с полупроводниковыми тиристорным ключом.

Исходя из этих соображений, можно сформулировать цель работы в следующем виде: разработка системы импульсного питания сварочной дуги с адаптацией к процессу сварки.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

а) произвести анализ существующих систем импульсного питания сварочной дуги плавящимся электродом;

б) разработать функциональную схему устройства;

в) разработать силовую часть системы;

г) разработать схему управления сварочным циклом и схему обратной связи

д) произвести экспериментальную проверку при работе на дугу.

Научная новизна : предложена и конструктивно проработана система технологической адаптации процесса импульсного питания сварочной дуги при орбитальной сварке.

2 Разработка технического задания

С учетом теоретических и экспериментальных исследований специфики сварки плавящимся электродом сформулированы требования к импульсной системе питания:

1. Назначение

2. Состав системы

Силовой выпрямитель с жесткой

ИРС: тиристорный ключ и балластный реостат

Датчик напряжения

Схема управлением сварочным циклом

3. Основные параметра

Ток импульса 300-800А

Длительность импульса 2-8 милисек

Дежурная дуга 15-50А

U заданное 20-30 В

4. Алгоритм управления

4.1 На интервале t дежурной дуги реализовать ЧИМ2

4.2 На интервале t импульса в режиме кз ограничить t импульса

5. Принцип формирования импульса тока

6. Однокнопочное управление за счет изменения только скорости подачи проволоки, обеспечивающее необходимое среднее значения сварочного тока, которым плавится изделие без нарушения параметров режима на стадии капли.

7. Реализация принципа «Импульс-капля».

8. Стабилизация параметров режима на стадии капли

Вывод: Сформулированы требования к импульсной системе позволяющие разработать схемные решения.

3 Состав системы импульсного питания

3.1 Функциональная схема импульсного питания

Исследования проводились при сварке в среде углекислого газа при импульсном питании сварочной дуги на разработанной в данной работе системе питания, функциональная схема которой представлена на рисунке 3.1.

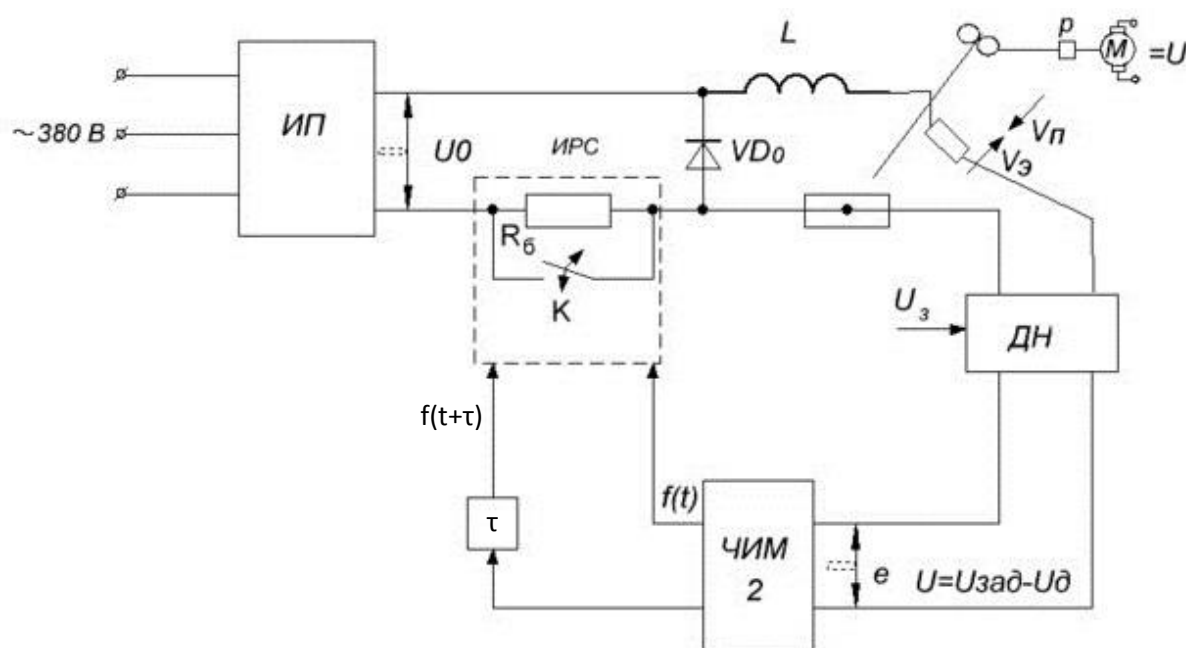


Рисунок 3.1- функциональная схема.

На рисунке 3.1 представлена функциональная схема системы реализующей принцип импульсного питания сварочной дуги, построенная на базе импульсно-регулируемого сопротивления.

В систему входят : источник питания ИП, балластный резистор R_b , полупроводниковый ключа- K , датчик напряжения дуги ДН, частотный импульсный модулятор второго рода – ЧИМ-2, линии задержки- τ , τ_3 – таймер задающий длительность импульсов сварочного тока, дроссель в сварочной цепи L , диод VD шунтирующий дуговой промежуток и дроссель L в обратном направлении, P – редуктор, M – приводной двигатель,

После размыкания тиристорного ключа- К, ток паузы определяется величиной балластного резистора R_b . Замыкание ключа-К обеспечивает протекание тока импульса. В блоке обратной связи сравнивается заданное напряжение с напряжением дугового промежутка, а выявленная при этом разность напряжений в качестве модулирующей функции поступает на вход частотно-импульсного модулятора (ЧИМ-2). В результате на выходе ЧИМ-2 появляется последовательность управляющих импульсов промодулированных по частоте. Это последовательность импульсов поступает на вход ключа К, открывая его и определяет тем начало протекания импульса тока. Проходя через линию задержки (τ) с некоторым запозданием, определяемым значением (τ_3), эта же последовательность импульсов, также подается на ключ К и вызывает его размыкание, определяя тем самым длительность импульсов тока. При переводе частотно-импульсного модулятора в релаксационный режим работы обеспечивается работа системы по программе.

Управляемый перенос электродного металла в сварочную ванну обеспечивается при импульсном питании дуги в широком диапазоне параметров режима, что особенно важно при сварке неповоротных стыков трубопровода.

Система импульсного питания позволяет управлять процессом сварки на стадии капли, т. е. кинетикой плавления и переноса электродного металла. Разработанная система различает три режима работы: холостого хода, короткого замыкания и горения дуги, причем в каждом случае она реализует свой алгоритм управления, за счет обратных связей по состоянию дугового промежутка. В режиме холостого хода система работает с минимальной частотой, обеспечивающей мгновенную готовность к работе, но с минимальным потреблением энергии. При коротком замыкании частота становится максимальной, а длительность импульсов ограничивается. В

режиме нормального горения дуги обратная связь обеспечивает квазистабильность дуги и дозировку энергии на каждую каплю.

Система состоит из исполнительного устройства – силовой части, включающего источник питания, в сварочную цепь которого включено балластное сопротивление R_B , шунтированное коммутирующим устройством К и схемы управления.

Вывод:

1 В соответствие с техническим заданием разработана функциональная схема импульсной системы.

2 Система является замкнутой и обеспечивает принцип импульс-капля, стабилизацию напряжения сварочной дуги и амплитуду импульсов тока.

4 Схемное решения

Схема состоит из следующих частей:

4.1 силовая часть

4.2 схема управления сварочным циклом

4.3 схема обратной связи

4.3.1 Датчик дугового напряжения

4.3.2 Разработка схемы обратной связи

4.4 схема стабилизации напряжения на коммутирующем конденсаторе

4.5 импульсные усилители

4.1 Разработка силовой часть

Импульсно – регулируемое сопротивление ИРС представляет собой сопротивление зашунтированное тиристором с принудительной коммутацией. В работе показано, что наиболее полно всем требованиям работы в сварочных цепях переменного тока удовлетворяет схема двухступенчатой принудительной коммутации последовательного типа.

На рисунке 4.1 представлена силовая часть импульсной системы питания, которая представляет собой модернизированную схему. Модернизация проведена с целью повышения быстродействия схемы, за счет ускорения электромагнитных процессов.

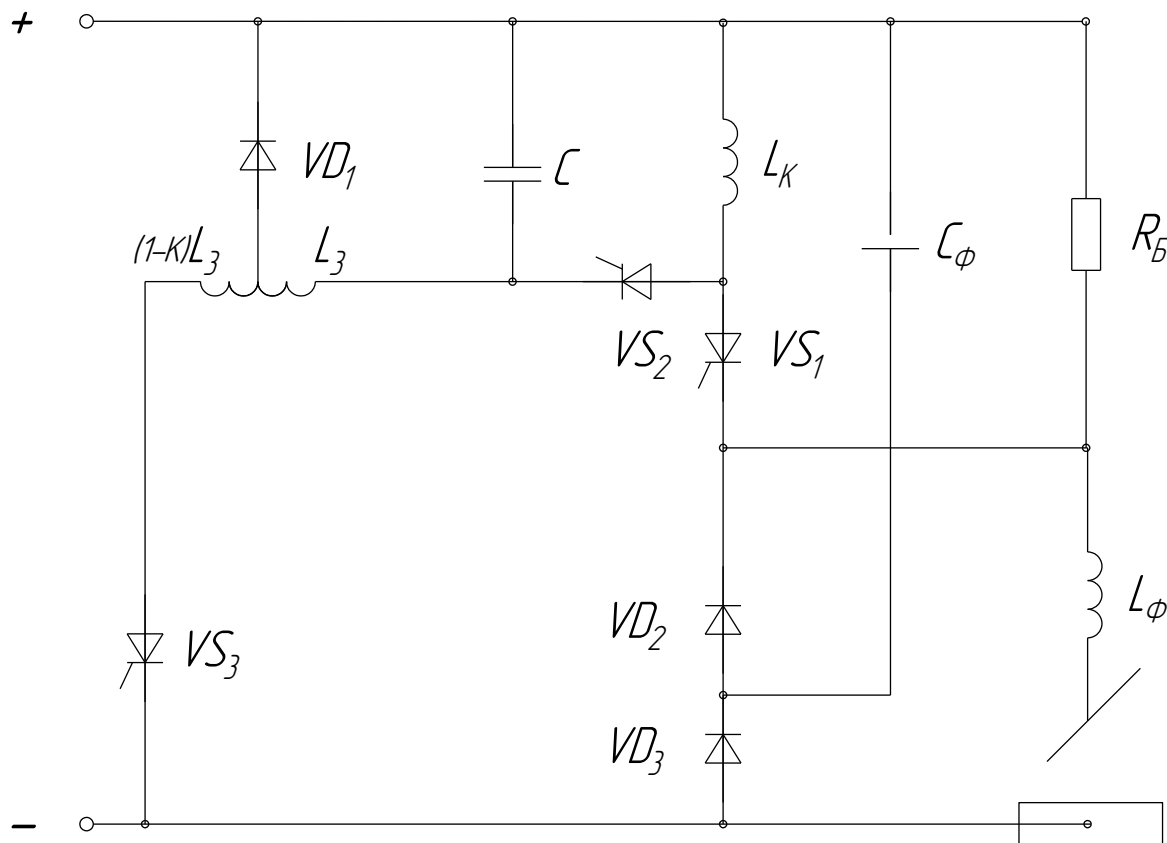


Рисунок 4.1 – Силовая часть импульсной системы питания

При питании от источника с жесткой внешней характеристикой внутреннее сопротивление его незначительно, поэтому добротность зарядного контура велика, и напряжение на коммутирующем конденсаторе может достигать значительной величины.

Величина сварочного тока при питании от источника с жесткой внешней характеристикой регулируется, главным образом, скоростью подачи электродной проволоки. Напряжение холостого хода практически изменяется мало. При постоянном значении напряжения холостого хода ток короткого замыкания определяется только сопротивлением сварочной цепи и величиной вылета электрода и практически не зависит от величины сварочного тока.

Следовательно, схема принудительной коммутации должна быть в состоянии отключать ток короткого замыкания как с холостого хода, так и

при горении дуги в любой момент времени и исключать или ограничивать до допустимого уровня раскачку напряжения на коммутирующем конденсаторе за счет энергии, запасенной в коммутирующем дросселе L_K от тока нагрузки. Кроме того электромагнитные процессы должны быть ускорены без ухудшения физической устойчивости горения дуги.

Схема работает следующим образом.

В исходном состоянии тиристоры VS_1 , VS_2 , VS_3 закрыты, конденсатор C заряжен в предыдущем периоде с плюсом на верхней обкладке. Через сопротивление R_B , дроссель L_ϕ фильтра и дугу протекает ток паузы. Конденсатор фильтра, включенный параллельно сопротивлению R_B , через диод VD_2 заряжен до напряжения, равного падению напряжения на сопротивлении R_B .

При включении силового тиристора VS_1 (момент времени t_1) ток импульса протекает по цепи: плюс источника – коммутирующий дроссель L_K – силовой тиристор VS_1 – дроссель фильтра L_ϕ – дуга – минус источника. В момент открытия силового тиристора VS_1 предварительно заряженный конденсатор фильтра C_ϕ разряжается по двум цепям через дуговой промежуток: 1) L_K – VS_1 – L_ϕ – дуга – VD_3 – C_ϕ ; 2) R – L_ϕ – дуга – VD_3 – C_ϕ . При этом через дуговой промежуток протекает дополнительный ток, стабилизирующий дуговой процесс.

Для выключения тока импульса включается дополнительный тиристор VS_2 (t_3) при включении которого начинается первый этап, характеризующийся протеканием импульса обратного тока через находящийся во включенном состоянии силовой тиристор VS_1 . Так как нагрузка шунтирована в обратном направлении диодами VD_1 и VD_2 , длительность первого этапа незначительна (≈ 5 мсек), и так как он не играет существенной роли, поэтому в расчетах не учитывается.

На втором этапе происходит резонансный перезаряд коммутирующего конденсатора по цепи $VS_2 - L_K$. При этом на верхней обкладке конденсатора будет отрицательный потенциал. Энергия, запасенная в дросселе $L_K \left(\frac{L_K \cdot I_{CB}^2}{2} \right)$ переходит в конденсатор C . На втором этапе напряжение конденсатора C , приложенное к дросселю L_K , будет приложено в обратном направлении к силовому тиристор VS_1 . Пока это напряжение будет больше напряжения источника питания тиристор будет смещен в обратном направлении, то есть это время, предоставляемое схемой принудительной коммутации для выключения силового тиристора. Следует отметить, что при включении вспомогательного тиристора VS_2 ток, протекающий через силовой тиристор, мгновенно будет вытеснен. Для нормальной работы схемы принудительной коммутации необходимо, чтобы амплитуда тока в коммутирующем контуре $C - L_K - VS_2$ была больше максимального тока импульса.

Одновременно с включением вспомогательного тиристора VS_2 разряженный при включении силового тиристора VS_1 конденсатор фильтра C_ϕ заряжается по цепи: плюс источника - C_ϕ - VD_2 - L_ϕ - дуга - минус источника. Таким образом, через дуговой промежуток протекает ток заряда фильтрующего конденсатора до напряжения, равного падению напряжения на сопротивлении R_B от тока дежурной дуги.

После перезаряда коммутирующего конденсатора C начинается третий этап, на котором конденсатор резонансно перезаряжается по цепи: $C - KL_3 - VD_1 - C$. Длительность третьего этапа определяется моментом времени, когда напряжение на конденсаторе C с полярностью “+” на нижней обкладке и “-” на верхней обкладке не снизится до заданного напряжения, являющегося начальным для четвертого этапа. Это необходимо для квазистабильзации напряжения на C .

На четвертом этапе включается тиристор VS_3 , и одновременно с резонансным перезарядом конденсатора C через диод VD_1 начинается его

перезаряд через тиристор VS_3 от источника питания. Четвертый этап заканчивается в момент времени, когда ток через диод VD_1 станет равным нулю. В этот момент начинается пятый этап, который закончится, когда ток через тиристор станет равным нулю.

Регулируя момент включения тиристора VS_3 в зависимости от напряжения на коммутирующем конденсаторе C , можно автоматически регулировать поступление энергии от источника и ограничивать рост напряжения на конденсаторе C , поддерживая его на заданном уровне.

При случайном коротком замыкании дугового промежутка на интервале паузы ранее заряженный конденсатор C_ϕ разряжается по цепи: C_ϕ - R_B - L_ϕ - дуговой промежуток - VD_3 - C_ϕ . Ток разряда конденсатора способствует повторному возбуждению дуги.

4.2 Разработка схемы управления сварочным циклом

Схема управления сварочным циклом состоит: из мультивибратора, который выполнен на тиристорах VS_4 , VS_5 и однопереходных транзисторах VT_1 и VT_2 .

Схема управления сварочным циклом представлена на рисунке 4.2

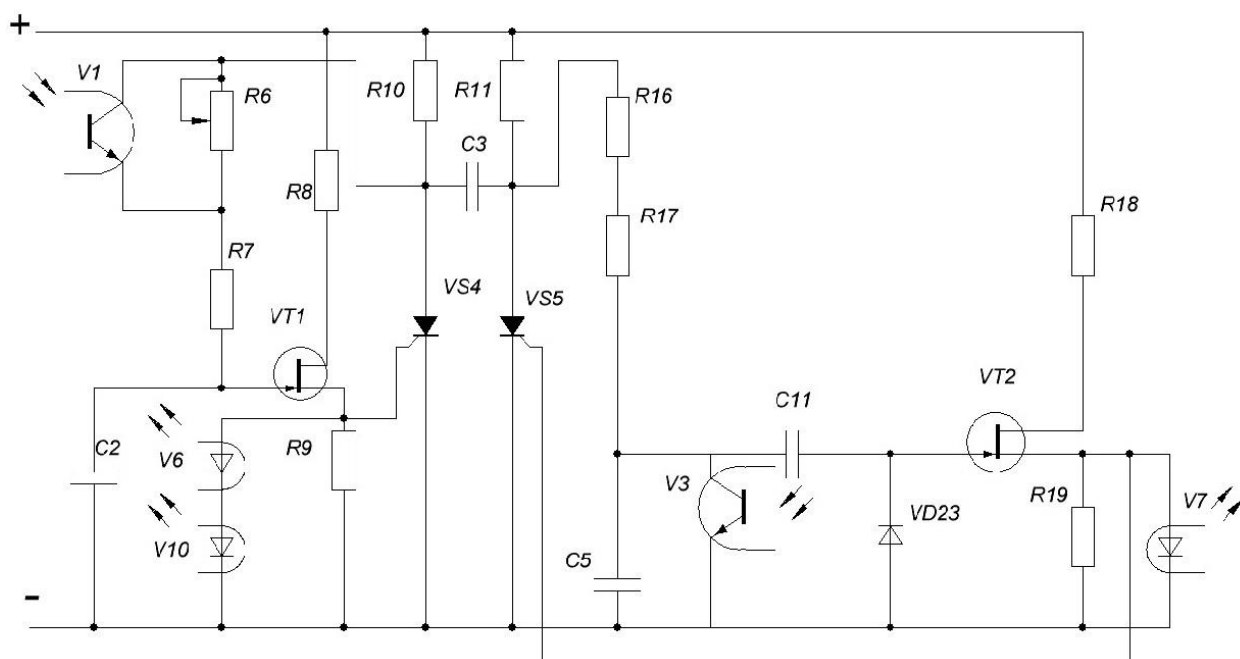


Рисунок 4.2- Схема управления сварочным циклом.

Отпирание тиристоров VS_4 , VS_5 производится импульсом напряжения снимаемым с сопротивлений R_9 и R_{19} соответственно. На базе однопереходных транзисторов VT_1 и VT_2 выполнены релаксационные генераторы. Генератор на однопереходном транзисторе VT_1 включает сопротивления R_8 и R_9 , через которые базы однопереходного транзистора подключены к питающему напряжению и времязадающую цепь: $C_2 - R_7 - R_6 - V_1$. Питание времязадающей цепи осуществляется с анода тиристора VS_4 . Когда конденсатор C_2 зарядится до пробивного напряжения перехода эмиттер база 2 однопереходного транзистора VT_1 происходит мгновенный разряд конденсатора C_2 на сопротивление R_9 . Импульс с сопротивления R_9 поступает одновременно на управляющий электрод тиристора VS_4 и отпирает его, в результате напряжение конденсатора C_3 с плюсом на левой обкладке прикладывается в обратном направлении к тиристоры VS_5 , который был открыт, и он при этом запирается, а напряжение с его анода подается на времязадающую цепь из следующих элементов: $VD_8 - R_{12} - R_{13} - C_5 - C_{11} - VD_{23} - V_3$, определяющие длительность импульсов сварочного тока, и на светодиод оптоэлектронного прибора V_6 , при этом включается импульсный усилитель

U_1 . Импульсы усилителя U_1 отпирают силовой тиристор VS_1 , включающий импульс сварочного тока. При заряде конденсатора $C5$ до пробивного напряжения перехода эмиттер база 2 опторанзистора $VT2$ конденсатор мгновенно разряжается на сопротивление $R19$.

Импульсы напряжения снимаемые с $R19$ включают VS_5 и импульсный усилитель U_7 , который включает вспомогательный тиристор VS_2 в силовой части и одновременно через оптотранзистор V_8 включает схему стабилизации на коммутирующем конденсаторе. Схема стабилизации U_c при срабатывании через оптотранзистор V_9 включает зарядный тиристор VS_3 .

Схема управления включает в себя:

а) схему управления сварочным циклом, выполненную в виде тиристорного триггера с двумя устойчивыми состояниями, двумя входами и тремя выходами.

Одно из состояний триггера (длительность пребывания в этом состоянии) определяет длительность импульса сварочного тока, а другое – длительность паузы. Управление триггером осуществляется блоками формирования длительности пауз и длительности импульса тока. Блок формирования длительности пауз представляет собой интегратор на вход которого подается с блока сравнения дугового напряжения с заданным сигналом ошибки,

$$\Delta U = U_3 - U_d \quad (3)$$

а питание осуществляется от одного из выходов триггера. Когда напряжение на конденсаторе интегратора достигает порогового значения релейного элемента (внутри блока), он срабатывает и переводит триггер в другое состояние, при этом интегратор очищается и снимается подводимое к нему с выхода триггера питание. Одновременно с одного из выходов триггера через усилительное устройство $U1$ поступают сигналы на

коммутирующее устройство, которое закорачивает сопротивление R_B и начинает протекать импульс сварочного тока и со второго выхода триггера подается питающее напряжение на блок формирования длительности импульсов. Блок формирования длительности импульсов выполнен в виде трех интеграторов с одним общим релейным элементом, на входы которых подается постоянное напряжение одинаковой величины. Наибольшую длительность интегрирования имеет интегратор, который может срабатывать каждый раз, когда на него подается напряжение со второго выхода тиристорного триггера, т. к. при достижении порогового напряжения на конденсаторе и срабатывания он очищается. Два других интегратора однократного срабатывания и их нужно очищать извне. При нормальном горении дуги датчик фиксации отрыва капли фиксирует всплеск напряжения во время импульса отрыв капли и через усилительное устройство У2 очищает интегратор дозирующий энергию на расплавление капли и срывает работу интегратора с наибольшим временем интегрирования. После дозировки энергии на расплавление капли срабатывает релейный элемент интегратора и блок формирования выдает сигнал на размыкание коммутирующего устройства через У3 и тем самым прекращение импульса сварочного тока и сигнал на второй вход триггера, переводя его в режим определения длительности паузы. Но интегратор остается неочищенным. При коротком замыкании срабатывает пороговое устройство, которое работает только на интервале паузы, и которое через усилительное устройство У4 очищает третий интегратор имеющий самое малое время интегрирования, поэтому при подаче с триггера питающего напряжения первым срабатывает этот интегратор и длительность импульса сварочного тока будет минимальна.

4.3 Схемы обратной связи

4.3.1 Датчик дугового напряжения

На рисунке 4.3.1 представлена схема датчика дугового напряжения.

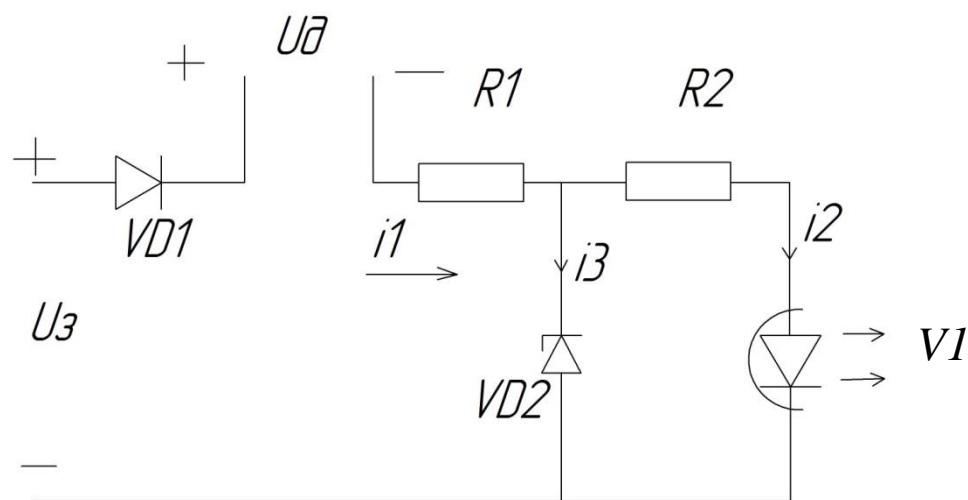


Рисунок 4.3.1 – датчик дугового напряжения

Напряжение дугового промежутка подводится встречно задающему напряжению U_z . Диод $VD4$ предотвращает протекание тока при $U_z < U_d$. Таким образом, разность $U_z - U_d$ в нормальном режиме горения дуги обеспечивает протекание тока по цепи: $U_z - VD1 - U_d - R_1 - R_2 - V_1$ (светодиод оптотранзистора V_1) - U_z , обеспечивая тем самым степень открытия оптотранзистора V_1 и ускорение заряда времязадающего конденсатора C_2 в схеме управления сварочным циклом, увеличивая тем самым частоту импульсов сварочного тока. Чем больше разность $U = U_z - U_d$, тем выше частота следования импульсов. Ограничение тока через светодиод $V1$ в режиме короткого замыкания обеспечивается стабилитроном $VD2$.

4.3.2 Разработка схемы обратной связи

Схема обратной связи выполняет следующие функции: в режиме холостого хода ограничивает частоту следования импульсов сварочного тока, а точнее частоту срабатывания коммутирующего контура до 3 – 5 Гц; в режиме горения дуги осуществляет квазистабильзацию напряжения дуги, автоматически изменяя частоту следования импульсов сварочного тока, как при действии различного рода возмущений, так и при изменении скорости подачи проволоки.

В режиме короткого замыкания обратная связь обеспечивает форсированное возбуждение дуги за счет резкого увеличения частоты следования импульсов сварочного тока. Схема обратной связи представлена на рисунке 4.3.

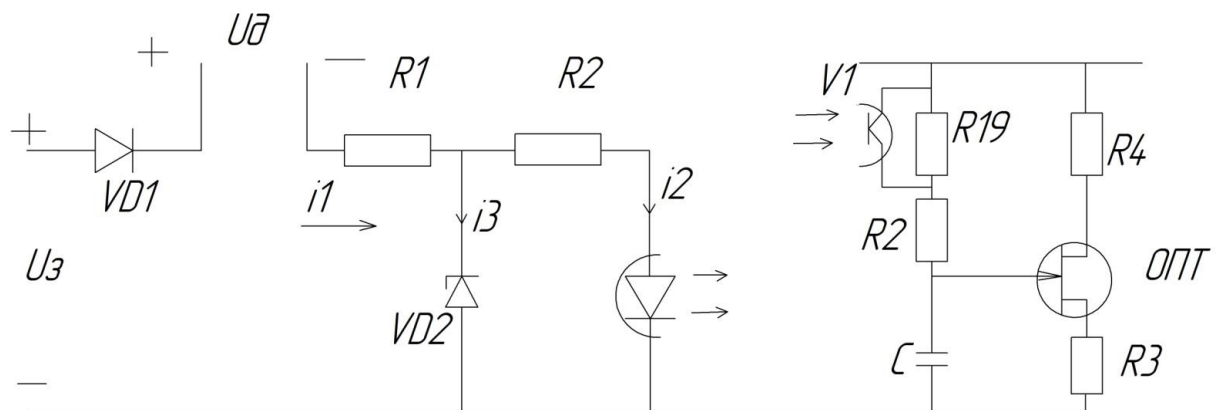


Рисунок 4.3- Схема обратной связи.

Обозначения на рисунке 4.3 :

U_3 - заданное напряжение;

U_d - текущее значение напряжение дуги;

$VD1$ - диод блокирующий протекание тока от напряжения дуги;

$R1$ и $R2$ - сопротивления ограничивающее ток через оптодиод оптотранзистора $V1$;

$VD2$ - стабилитрон ограничивающий напряжение прикладываемое через сопротивление $R2$ к оптодиоды транзистора $V1$;

ОПТ- однопреходной транзистор;

R_3, R_4 - сопротивление в базовых цепях ОПТ;

R_{v1}, R_2, R_3 - времязадающая цепь (интегратор).

Схема построенная на базе ОПТ выполняет три функции: является интегратором, пороговым устройством и импульсными элементами.

Работа ее происходит следующим образом:

На интервале паузы идет непрерывное сравнение дугового напряжения с заданным и выявляется динамическая ошибка ΔU .

Эта ошибка преобразуется в ток i_1 протекающий через светодиод V_1 по цепи R_1, R_2, V_1 .

При уменьшении напряжения дугового промежутка выявляется сигнал ошибки.

$$\Delta U = U_3 - U_d$$

В результате изменяется сопротивление оптоэмиттера R_{v1} , а так же суммарное сопротивление R_Σ и начинает протекать ток.

$$i_1 = \frac{\Delta U - U_{vd2} - U_{v1}}{R_1 + R_2},$$

где

$$U_{VD2} = f(i_1) \text{ и } U_{V1} = f(i_1), \text{ а } i_1 = i_2$$

При выполнении равенства

$$i \cdot R + U_{V1} = U_{VR3}$$

появляется ток i_3 и $i_1 = i_2 + i_3$.

Вследствие этого ток i_2 будет неизменяемым при дальнейшем ΔU , а так с3 стабилитрона будет возрастать.

Таким образом диапазон изменение тока будет определяется интервалом от i_2 определяемыми моментом появления тока i_3 , то есть началом стабилизации напряжения стабилитроном VD_3 .

При изменении тока i_2 в указанном диапазоне будет изменяться излучение светодиода оптоэмиттера и сопротивление оптоэмиттера

$$R_{v1} = k \cdot \Delta U$$

Тогда суммарное сопротивление время цепи определяется как

$$R_{\Sigma} = \frac{R_{v1} \cdot R_{19}}{R_{v1} + R_{19}} + R_2 ,$$

а постоянная времени как

$$\tau = c \cdot R_{\Sigma}$$

В таком случае напряжение заряда конденсатора определится известными выражениями

$$U_c(t) = U_{и.п.} [1 - e^{-\frac{tn}{\tau(\Delta U)}}]$$

Где $-U_{и.п.}$ - напряжение источника питания .

Рост напряжения на конденсаторе однопереходного транзистора, при котором происходит обратимый пробой перехода эмиттер-база 2 ОПТ и конденсатор мгновенно разряжается через сопротивление R_3 , на котором формируется импульс напряжения.

Поскольку интервал времени заряда конденсатора с определяет длительность времени паузы t_n между импульсами сварочного тока, то его можно определить из выражения () приравняв напряжение $U_c(t_n) = U_{пор}$ пороговому напряжению ОПТ

$$U_{пор} = U_{и.п.} [1 - e^{-\frac{tn}{\tau(\Delta U)}}]$$

Для определения t_n необходимо выполнить ряд операций

$$U_{пор} = U_{и.п.} - U_{и.п.} [1 - e^{-\frac{tn}{\tau(\Delta U)}}]$$

$$U_{и.п.} - U_{пор} = U_{и.п.} [1 - e^{-\frac{tn}{\tau(\Delta U)}}]$$

$$\frac{U_{ун} - U_{пор}}{U_{ун}} = e^{-\frac{tn}{\tau(\Delta U)}}$$

$$\ln\left(\frac{U_{ун} - U_{пор}}{U_{ун}}\right) = -\frac{tn}{\tau(\Delta U)}$$

$$tn = -\tau(\Delta U) \cdot \ln\left(\frac{U_{ун} - U_{пор}}{U_{ун}}\right) = c \cdot \left(\frac{R_{v1} \cdot R_{19}}{R_{v1} + R_{19}} + R_2\right) \cdot \ln\left(\frac{U_{ун} - U_{пор}}{U_{ун}}\right)$$

$$tn = f_1(R_{v1}) = f(\Delta U)$$

Поскольку длительность импульсов сварочного тока постоянна, то период следования и частота следования импульсов сварочного тока определяется соответственно

$$T = t_u + t_n = t_u + c \cdot \left(\frac{R_{v1} \cdot R_{19}}{R_{v1} + R_{19}} + R_2 \right) \cdot \ln \left(\frac{U_{un} - U_{nop}}{U_{un}} \right)$$

$$f = \frac{1}{T}$$

4.4 Разработка схемы стабилизации напряжения на коммутирующем конденсаторе

Схема стабилизации на коммутирующем конденсаторе С состоит: из линии задержки выполненной на однопереходном транзисторе VT3, с времязадающей цепью состоящей из диода VD13 сопротивлений R20 и R21, конденсатора С9, причем напряжение питания времязадающей цепи снимается со стабилитронов VD14 и VD15 которое меньше напряжения подаваемого между базами, а в цепь эмиттера введен блокирующий конденсатор С10. Схема стабилизации представлена на рисунке 4.4.

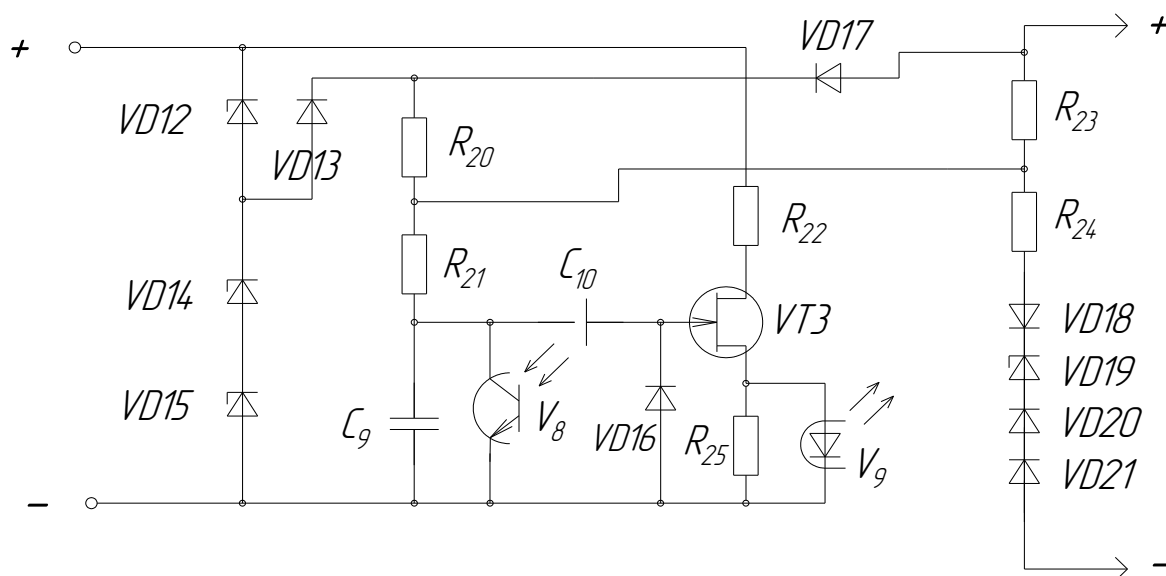


Рисунок 4.4 – Схема стабилизации на коммутирующем конденсаторе.

Это обеспечивает однократное срабатывание линии задержки после прихода синхронизирующего импульса. Для синхронизации работы схемы стабилизации напряжения на коммутирующем конденсаторе служит оптооттранзистор V_8 . Синхронизирующий импульс поступает со светодиода V_8 в момент окончания импульса сварочного тока и открытия вспомогательного тиристора VS_2 , схемы принудительной коммутации. В схему стабилизации входит также схема обратной связи, включающая сопротивления R_{23} , R_{24} , диод VD_{18} , стабилитроны VD_{19} , VD_{20} , VD_{21} . Сигнал обратной связи снимается с сопротивления R_{23} и через диод VD_{17} подается на сопротивление R_{20} , входящее во времязадающую цепь линии задержки.

Работа схемы стабилизации происходит следующим образом. При поступлении синхронизирующего импульса с сопротивления R_{19} , оптооттранзистор V_5 полностью открывается на короткое время и разряжает

конденсаторы C9 и C10. С этого момента начинает работать линия задержки. Конденсатор C9 заряжается по цепи: VD13, R20, R21, C9. При достижении на конденсаторе C9 напряжения пробоя перехода эмиттер – база 2 однопереходного транзистора VT3, последний отпирается и конденсатор C9 через конденсатор C10 разряжается на сопротивление R25. Импульс напряжения с этого сопротивления подается на светодиод оптотранзистора V9, который в свою очередь включает усилитель У8 для запуска зарядного тиристора VS3.

4.5 Разработка импульсных усилителей

Импульсные усилители служат для управления силовыми тиристорами. Выполнены они по схеме Дарлингтона (рисунок 4.5).

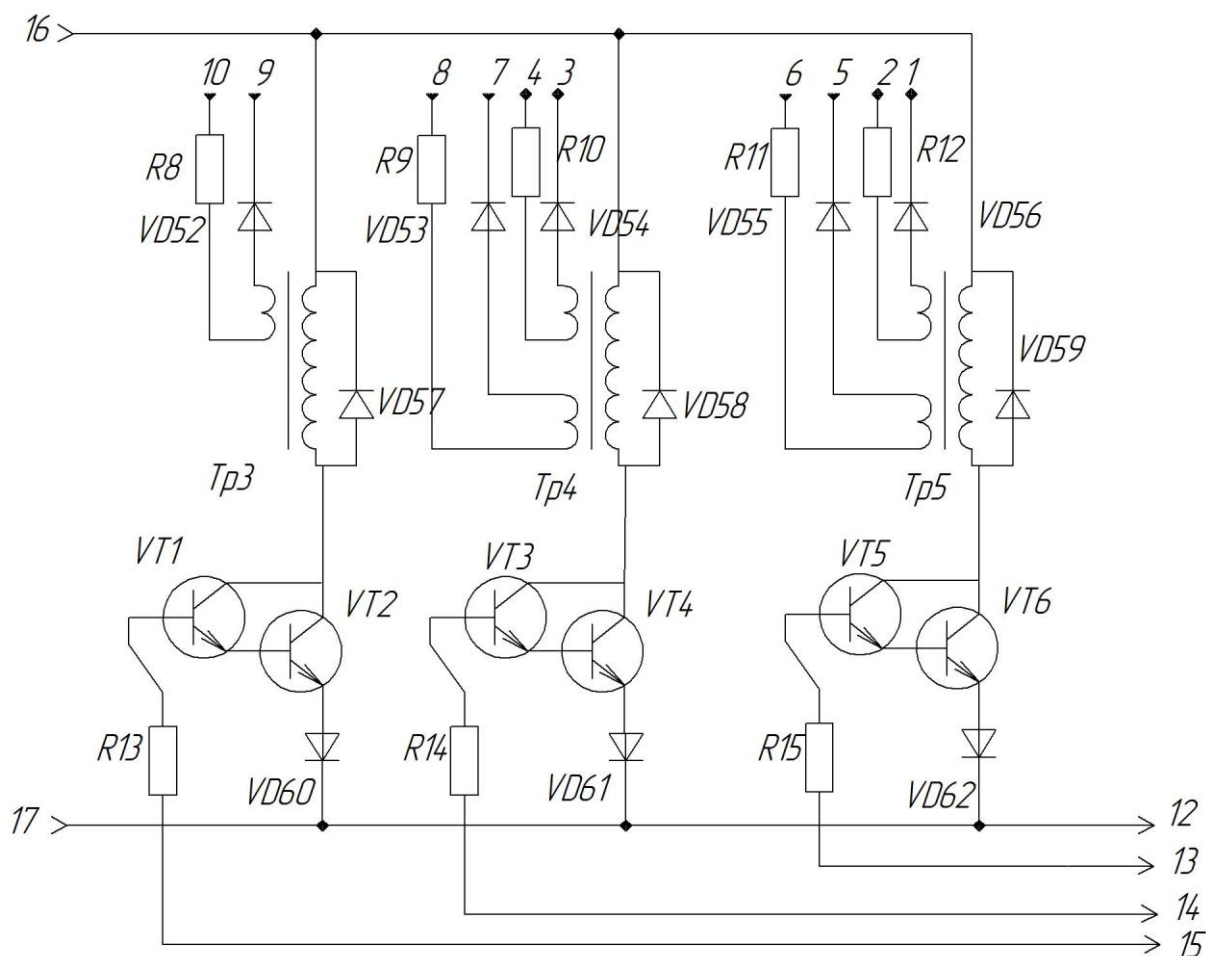


Рисунок 4.5 – Импульсные усилители

В качестве силовых транзисторов (VT1 (VT3; VT5) использованы транзисторы типа (n-p-n) КТ815Г. В качестве маломощных транзисторов использованы транзисторы типа (n-p-n) КТ312В VT2 (VT4; VT6)

В эмиттерные цепи силовых транзисторов включены диоды VD60, VD61, VD62. В коллекторные цепи силовых транзисторов включены первичные обмотки импульсных трансформаторов Tr3, Tr4, Tr5, которые для снятия перенапряжения зашунтированы в обратном направлении диодами VD57, VD58 VD59. Вторичные обмотки через элементы: R8-VD52, R9-VD53, R10-VD54, R11-VD55, R12-VD56 подключены к силовым тиристорам.

Для включения силового тиристора VS5, через которые протекает ток для расплавления капли, служит импульсный усилитель, выполненный на транзисторах VT1-VT2; (VT1 (VT3; VT5) – транзисторы КТ312В; VT2 (VT4; VT6) – транзисторы КТ815Г)

Запуск усилителя осуществляется импульсным сопротивлением R25 в момент времени t1. Этот импульс через сопротивление R13 поступает на базу транзистора VT1, в результате чего протекает ток базы по цепи R25-R13-(база-эмиттер) VT1-(база-эмиттер) VT2-VD60-R25. В этот момент VT1 отпирается и его коллекторный ток протекает через базу VT2, тем самым переводя транзистор VT2 в режим насыщения. В результате этого через первичную обмотку импульсного трансформатора Tr3 протекает импульс тока, который трансформируется во вторичную обмотку и через диод VD52 и сопротивление R8 поступает на управляющие электроды силового тиристора VS5. Вследствие этого тиристор отпирается и протекает сварочный ток на расплавление капли.

После дозирования энергии на расплавление капли, импульс с сопротивления R17, через сопротивление R14, поступает на базу транзистора VT3, в результате чего протекает ток базы по цепи R17-R14-(база-эмиттер)-VT3-(база-эмиттер)VT4-VD61-R17. В этот момент VT3 отпирается и его коллекторный ток протекает через базу VT4, тем самым переводя транзистор

VT4 в режим насыщения. В результате этого через первичную обмотку импульсного трансформатора Тр4 протекает импульс тока, который трансформируется во вторичные обмотки и по цепям: VD53-R9 и VD54-R10 поступает на управляющие электроды силовых тиристоров VS4, VS2 соответственно. Вследствие этого тиристоры отпираются и происходит перезаряд ФЭ через дуговой промежуток.

Импульс, снимаемый с сопротивления R16, через сопротивление R15, отпирает транзисторы VT5-VT6 и через обмотки трансформатора Тр5 поступает на управляющие электроды тиристоров VS3, VS4. Вследствие этого тиристоры отпираются и происходит перезаряд ФЭ через дуговой промежуток.

Вывод:

1. Силовая часть импульсной системы выполнена импульсно-регулируемого сопротивления и может работать в сочетании с любым сварочным источником.
2. Схема управления реализует закон модуляции chm_2 что обеспечивает однокнопочное управление процессом.

5 Экспериментальная часть

5.1 Методика проведения эксперимента

При импульсном питании сварочной дуги процесс сварки характеризуется следующими параметрами:

I_u -амплитуда импульсов тока;

t_u -длительность импульсов тока;

I_n -ток паузы;

U_3 -заданное напряжение дугового промежутка;

\varnothing – диаметр электрода;

V_n -скорость подачи проволоки;

$V_{св}$ – скорость сварки;

Система импульсного питания предназначена для питания сварочной дуги последовательностью импульсов сварочного тока промоделированных по частоте их следования в функции отклонения напряжения на сварочной дуге от заданного или по программе. Она может быть использована для полуавтоматической или автоматической сварки в смеси газов CO_2+Ar плавящимся электродом.

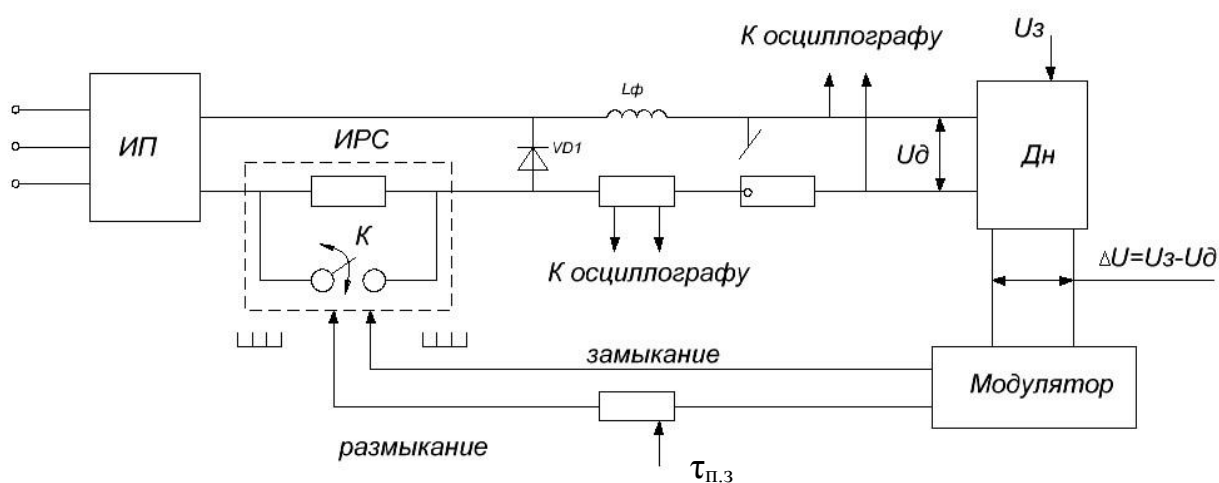


Рисунок 5.1 – функциональная схема экспериментальной установки

Функциональная схема импульсного питания представлена на рисунке 5.1 которой состоит из следующих элементов:

- источника питания – ИП;
- балластного реостата – R_6 ;
- линии задержки – τ ;
- длительность импульса - $\tau_{п.з}$;
- дроссель насыщения - D_n ;

Импульсно регулируемое сопротивление - ИРС;

Частотного импульсного модулятора;

Осциллографа.

Параметры режима:

I_u -амплитуда импульсов тока; t_u -длительность импульсов тока; I_n -ток паузы; U_z -заданное напряжение дугового промежутка; \varnothing_z – диаметр электрода; V_n -скорость подачи проволоки; $V_{св}$ – скорость сварки.

При разомкнутом состоянии тиристорного ключа (К) протекает ток паузы, определяемый величиной сопротивления балластного реостата (R_6). Замкнутое состояние ключа (К) обеспечивает протекание тока импульса. Заданное напряжение в блоке обратной связи сравнивается с напряжением дугового промежутка, а разность этих напряжений подается на вход частотного импульсного модулятора появляется последовательность управляющих импульсов промоделированных по частоте. Эти импульсы включают ключ (К) определяя тем самым начало протекания тока импульса. Эта же последовательность импульсов проходя через линию задержки (τ) с некоторым запаздыванием, определяемым заданным ($\tau_{п.з}$) так же подается на ключ (К) и вызывает его размыкание определяя тем самым длительность импульса тока. При работе по программе обратной связи отключается, а частотно импульсный модулятор работает как релаксационный генератор с заданной частотой.

5.2 состав экспериментальной установки

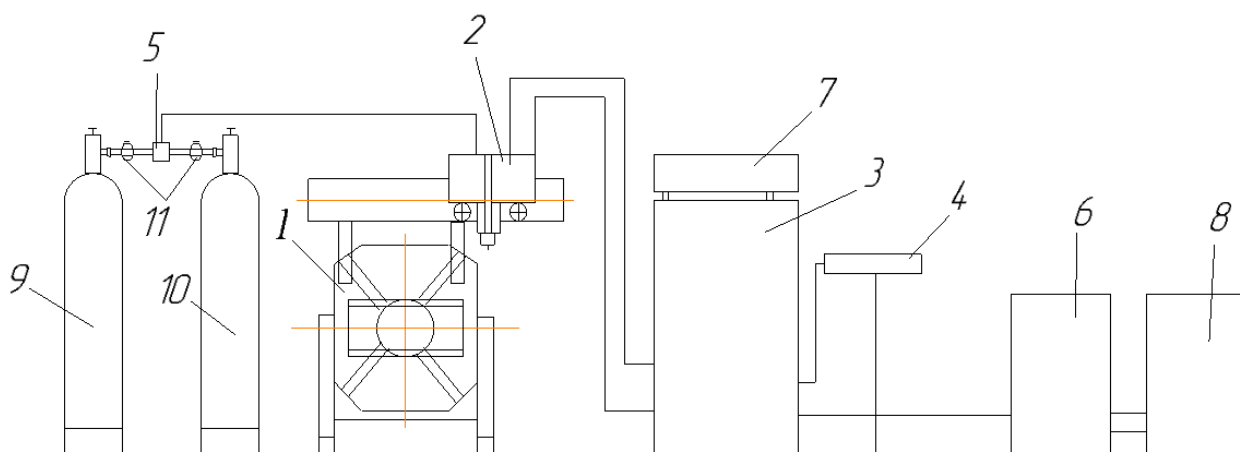


Рисунок 5.2 – схема экспериментальной установки

Где : 1 – модернизированный сварочный манипулятор М11060;

2 – сварочная головка;

3 – БАРС-2В;

4 – пульт управления;

5 – газовый смеситель;

6 – сварочный модулятор;

7 – осциллограф;

8 – источник питания;

9 – баллон с углекислым газом;

10 – баллон с аргоном;

11 – редуктор кислородный.

5.2.1 Назначение и область применения сварочного манипулятора

Манипулятор со сварочной скоростью М11050, М11060 и М11070 предназначены для вращения и наклона изделий номинальной массой соответственно до 500, 1000, 2000 кгс при автоматической сварке круговых швов в защитной среде смеси газов CO_2 и Ar .

Мы используем модернизированный сварочный манипулятор типа M11060. Модернизация заключается в том, что на поворотной планшайбе установлен крепеж для горизонтального закрепления образцов, а также на планшайбе установлена направляющая, по которой перемещается сварочная головка. Во время сварке планшайбу можно вращать вокруг своей оси на 360°, то есть сварку можно осуществлять в любых пространственных положениях. Технические характеристики манипулятора представлены в таблице 5.2.1.

Таблица 5.2.1 технические характеристики манипулятора

Положение регулятора	Частота вращения планшайбы , об/мин	Частота вращения вала электродвигателя, об/мин
1	0,04	30
2	0,05	37,5
3	0,063	47,5
4	0,08	60
5	0,1	75
6	0,12	90
7	0,16	120
8	0,2	150
9	0,25	187,5
10	0,32	240
11	0,4	300
12	0,5	375
13	0,63	473
14	0,8	600
15	1,0	750
16	1,2	900
17	1,6	1200
18	2,0	1500

5.2.2 Сварочная головка ГСП – 2

Головка сварочная типа ГСП – 2 предназначена для автоматической сварки швов плавящимся электродом в среде смеси защитных газов CO₂ и Ar. Головка имеет механизм подачи электродной проволоки, механизмы

вертикального и поперечного перемещения горелки, кареты для перемещения горелки вдоль шва.

В качестве аппаратуры управления используется система блоков типа БАРС – 2В. Сварочная головка предназначена для работы в закрытых помещениях с температурой 5-35°C и относительной влажностью не более 85%. Основные технические данные представлены в таблице 5.2.2.

Таблица 5.2.2 – основные технические характеристики ГСП – 2

Сварочный ток, А	До 500
Напряжение на дуге, В	34 – 36
Скорость сварки, м/час	20 – 60
Скорость подачи электродной проволоки, м/час	150 – 700
Скорость поперечного перемещения горелки, мм/сек	До 20
Скорость вертикального перемещения горелки, мм/сек	До 20
Диаметр электродной проволоки, мм	До 1,6
Величина поперечного перемещения горелки, мм	До 80
Величина вертикального перемещения горелки, мм	До 120
Расход смеси защитного газа, л/мин	30 – 35
Габаритные размеры головки, мм	890x464x296

5.2.3 БАРС – 2В

Система блоков автоматического регулирования процессом сварки БАРС – 2В предназначена для управления автоматической сваркой плавящимся электродом в среде смеси защитных газов на постоянном токе и обеспечивает стабилизацию, программное управление сварочным током и скоростями сварки и подачи присадочной проволоки, колебание электрода, слежение по напряжению сварочной дуги.

Основные технические данные системы блоков :

- а) напряжение питания $220 \pm 10\%$ 50Гц
- б) мощность потребления не более 2,4кВт
- в) выходная мощность не более 0,3 кВт
- г) выходная мощность регулятора сварочного тока не более 0,6 кВт
- д) напряжение сварочной дуги 3,527 В

е) зона нечувствительности при слежении за напряжением сварочной дуги не более 0,15В

Таблица 5.2.3 – техническая характеристика системы импульсного питания

Амплитуда импульсов, А	300÷1200
Ток паузы, А	40
Средний ток, А	120÷300
Частота импульсов, Гц	30÷130
Длительность импульсов, с	$(2÷7) \cdot 10^{-3}$
Диаметр электродной проволоки, мм	$(1÷1,6) \cdot 10^{-6}$
Напряжение холостого хода сварочного источника, В	55÷76
Габаритные размеры, мм	590x320x685
Масса, кг	48

5.3 Экспериментальная часть

На рис.1 представлена циклограмма процесса импульсного питания; на рис. 2 характерные осциллограммы тока и напряжения и кинокадры процесса.

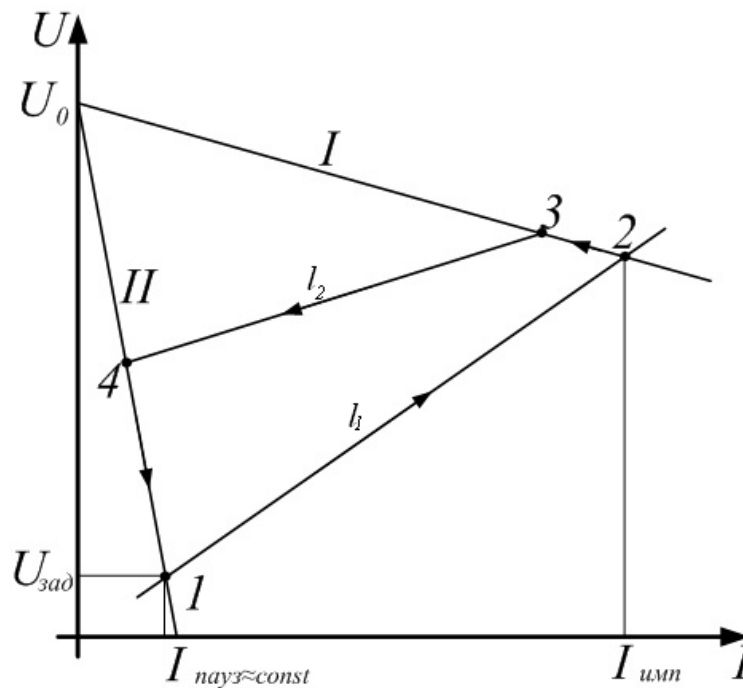


Рисунок 5.3 - Циклограмма процесса импульсного питания.

U_0 – напряжение холостого хода источника питания; I – внешняя характеристика источника питания во время импульса; II – внешняя характеристика источника питания во время паузы при горении дежурной дуги; $U_{зад}$ – заданное напряжение дуги в момент включения импульса сварочного тока; l_1 – длина дуги соответствующая характеристике дуги в начале импульса; l_2 – то же в момент окончания импульса.

На рисинке 5.3.1 представлены снятые осциллограммы токов и напряжения.

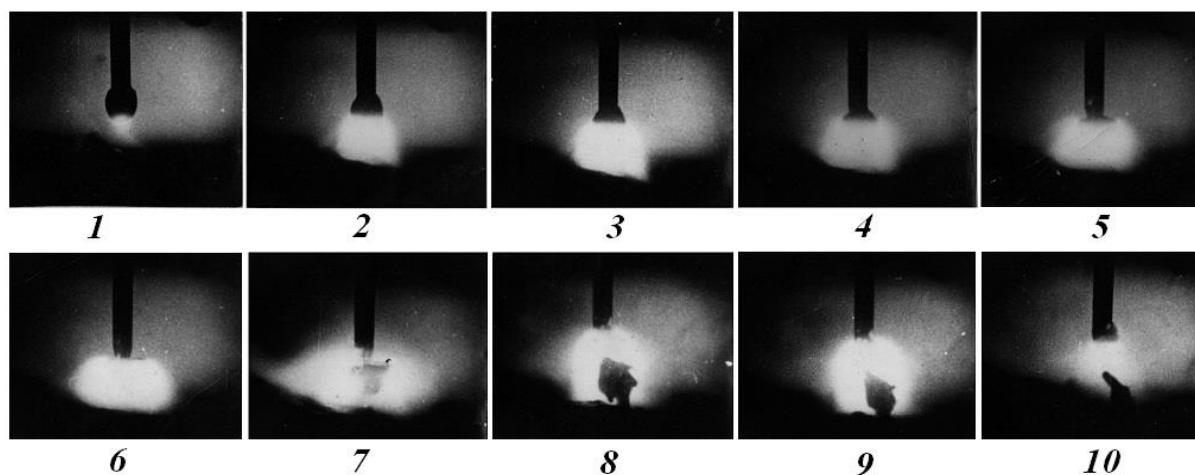
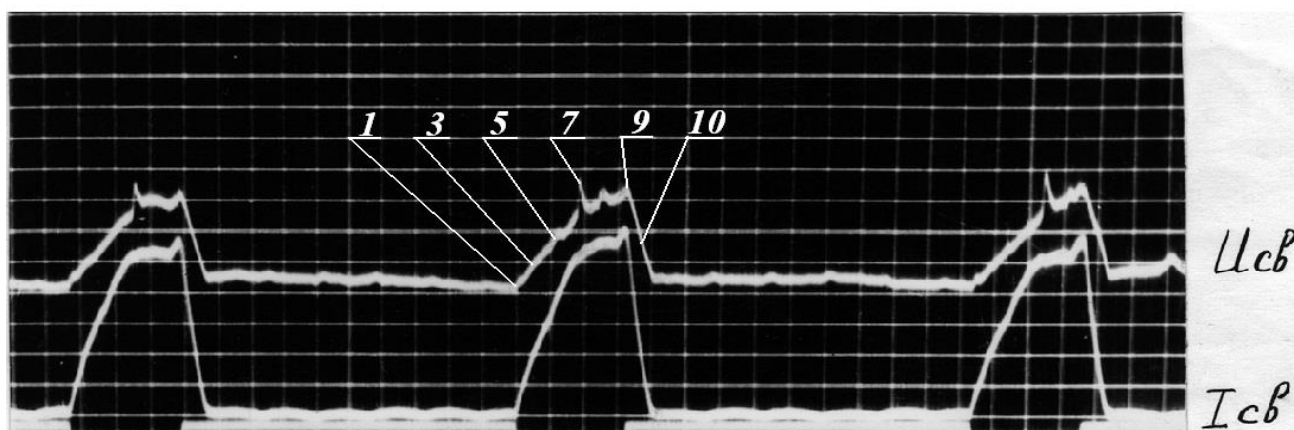


Рисунок 5.3.1 – осциллограммы эксперимента

Представленные осциллограммы токов и напряжения показывают что при контроле напряжения дуги на интервале паузы позволяет контролировать напряжения дуги и квазистабильный процесс.

Вывод: Экспериментальная проверка систему импульсного питания на сварочную дугу показала что выполняются все пункты технического задания.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА "ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ"

Студенту:

Группа	ФИО
1BM61	Лисицын Александру Андреевичу

Инженерная школа	Неразрушающего контроля и безопасности	Отделение	Электронной инженерии
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Машиностроение 15.04.01

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с определением информацией в установке, аналитических материалах, расчетов бюллетенях, нормативно-правовых документах;
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Определение потенциального потребителя результатов исследования, SWOT-анализ, определение возможных альтернатив проведения научных исследований
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Планирование этапов работы, определение календарного графика и трудоемкости работы, расчет бюджета
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Оценка сравнительной эффективности проекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Данков А.Г.	к.и.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1BM61	Лисицын А.А.		

6 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Введение

Для того чтобы разработать новый продукт приходится учитывать множество факторов. Хорошее изделие не всегда выходит в серийное производство, т.к. не учитываются различные факторы. Целью экономической части диплома заключается в анализе выполненного устройства с экономической точки зрения.

В данном разделе производится учет всех технико-экономических факторов на каждой стадии проектирования, оценивается эффективность разработки, анализируются возможные способы исполнения продукта, а также рассчитывается эффективность производства по одному из способов.

6.1 Организация и планирование работ

При создании нового продукта предприятию необходимо правильно планировать сроки выполнения отдельных этапов работ, учитывать расходы на материалы, зарплату. А также оценивать наиболее правильный вариант изготовления рабочего продукта.

В первую очередь определяется полный перечень проводимых работ, а также продолжительность на каждом этапе. В результате планирования формируется график реализации проекта. Для построения работ необходимо соотнести соответствующие работы каждому исполнителю.

Таблица 6.1 – Распределение этапов работы

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	НР – 100%
Составление и утверждение ТЗ	НР, И	НР – 100% И – 10%
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	НР – 30% И – 90%
Разработка календарного плана	НР, И	НР – 100% И – 10%
Выбор структурной схемы устройства	НР, И	НР – 30% ИП – 90%
Выбор принципиальной схемы устройства	НР, И	НР – 30% И – 100%
Расчет принципиальной схемы устройства	И	И – 100%
Разработка макета устройства	И	И – 100%
Написание программ	И	И – 100%
Проведение экспериментальных исследований	НР, И	НР – 30% И – 100%
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	И – 100%
Оформление материала	И	И – 100%
Подведение итогов	НР, И	НР – 90% И – 30%

6.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Определим продолжительность работ на каждом этапе проектирования. Продолжительность работ определяется по следующей формуле.

$$t_{ож\ i} = \frac{3t_{\min\ i} + 2t_{\max\ i}}{5}$$

где

$t_{ож\ i}$ — ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.
 $t_{\min\ i}$ — минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;
 $t_{\max\ i}$ — максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

В данном дипломном проекте трудоемкость рассчитывается исходя из работ, которые выполняют инженер и научный руководитель. Исходя из полученной трудоемкости рассчитывается продолжительность работ, на каждом этапе проектирования, по следующей формуле:

$$T_{p\ i} = \frac{t_{ож\ i}}{Ч_i}$$

где

$T_{p\ i}$ — продолжительность одной работы, раб.дн.
 $t_{ож\ i}$ — ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел. дн.
 $Ч_i$ — численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на одном этапе, чел.

Для отображения этапов проектирования используется график сетевой, либо линейный. Для удобства построения графика необходимо каждый этап перевести в календарные дни. Рассчитывается по следующей формуле:

$$T_{\kappa i} = T_{p_i} \cdot k_{\kappa ал}$$

где

$T_{\kappa i}$ — продолжительность одной работы в календарных днях.

$k_{\kappa ал}$ — коэффициент календарности.

Коэффициент календарности рассчитывается по следующей формуле:

$$k_{\kappa ал} = \frac{T_{\kappa ал}}{T_{\kappa ал} - T_{вых} - T_{пр}}$$

где

$T_{\kappa ал}$ — количество календарных дней году (365).

$T_{вых}$ — количество выходных дней в году (52).

$T_{пр}$ — количество праздничных дней в году (15).

$$k_{\kappa ал} = \frac{365}{365 - 52 - 15} = 1.22$$

Полученные данные, которые были рассчитаны вышеуказанными формулами, заносятся в таблицу.

Используя таблицу можно построить календарный план-график выполнения работ.

Таблица 6.2 – График трудоемкости ресурсов

Название работы	Исполнитель	Продолжительность работ (дни)			Длительность работ			
					T_{pi}		T_{ki}	
		$t_{\min i}$	$t_{\max i}$	$t_{ожi}$	НР	ИН	НР	ИН
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	2	5	3,2	3,2	-	3,90	3,90
Составление и утверждение ТЗ	НР, И	3	5	3,8	1,9	1,9	2,31	2,31
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	10	17	12,8	6,4	6,4	7,80	7,80
Разработка календарного плана	НР, И	1	3	1,8	0,9	0,9	1,09	1,09
Выбор структурной схемы устройства	НР, И	2	6	3,6	1,8	1,8	2,19	2,19
Выбор принципиальной схемы устройства	НР, И	4	10	6,4	3,2	3,2	3,90	3,90
Расчет принципиальной схемы устройства	И	7	12	9	-	9		10,98
Разработка макета устройства	И	4	10	6,4	-	6,4	7,80	7,80
Написание программ	И	3	12	6,6	-	6,6	8,05	8,05
Проведение экспериментальных исследований	НР, И	2	8	4,4	2,2	2,2	2,68	2,68
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	1	2	1,4	-	1,4		1,70
Оформление материала	И	5	20	11	-	11		13,42
Подведение итогов	НР, И	1	3	1,4	0,7	0,7	0,85	0,85

Таблица 6.3 – Календарный план график

Название работы	Исполнитель	T_{ki}	Продолжительность выполнения работ																	
			февраль			март			апрель			май			июнь			июль		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	3,90	■ ■ ■																	
Составление и утверждение ТЗ	НР, И	2,31	■ ■ ■																	
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	7,80				■ ■														



—инженер.



—руководитель.

6.3 Расчет затрат

6.3.1 Расчет затрат на создание прототипа

Материальные расходы - это расходы на покупку сырья и материалов для изготовления товаров. В свою очередь в материальные расходы входят: сырье, материалы, тара, упаковка и т.д.

В состав материальных затрат дипломного проекта входят такие элементы как:

- сырье
- материалы
- покупные материалы (микросхемы)
- комплектующие (резисторы, конденсаторы и др.)

Материальные затраты рассчитываются по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_m) \cdot \sum_{i=1}^Q C_i \cdot N_{pacxi}$$

где

Q — количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении диплома;

N_{pacxi} — количество материальных ресурсов, планируемых к использованию при выполнении диплома(шт., кг, м и т.д.);

C_i —цена приобретенной единицы -го вида (руб./шт., руб./кг, руб./м и т.д.);

k_m — коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы. При помощи формулы заполняется таблица затрат на материалы.

В следующей таблице приведена цена на все необходимые компоненты для создания рабочего проекта.

Таблица 6.4 – Сравнение затрат

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.		Затраты на материалы	
			Пост. 1	Пост.2	Пост. 1	Пост.2
Транзисторы	шт.	4	55.90	36.50	223.6	146
Печатная плата	шт.	1	100	120	100	120
Микросхема драйвера	шт.	1	93,50	61	93.50	61
Диоды	шт.	4	4,20	3,50	16.8	14
Конденсаторы	шт.	5	14	20	70	100
Резисторы	шт.	8	3	1.7	24	13.6
Блок питания	шт.	1	550	340	550	340
Бумага для принтера	упаков.	1	150	120	150	120
Припой	метр.	1	15	17	15	17
уголки для устройства	метр	1	80	31	80	31
Предохранители	шт.	4	0.9	0.8	3.6	3.2
Итого					1326.9	965.6

Из полученной таблицы видно, что итоговые затраты немного отличаются для поставщика 1 и 2.

6.3.2 Расчет затрат на электроэнергию

Для реализации дипломного проекта необходимо оборудование, которое позволяет протестировать, отладить готовую разработку. На кафедре есть все необходимое оборудование, поэтому нет необходимости рассчитывать затраты на покупку оборудования. Надо лишь рассчитать затраты на электричество.

Используемое оборудование:

- Осциллограф
- Вольтметр
- Источник питания
- Персональный компьютер

Также необходимо рассчитать затраты на освещение.

Для расчета используется следующая формула:

$$\mathcal{E}_{об} = P_{об} \cdot \Pi_{э} \cdot t_{об}$$

где

$\mathcal{E}_{об}$ — затраты на электроэнергию, потребляемую оборудование (руб.);

$P_{об}$ — потребляемая мощность оборудования (Вт);

$\Pi_{э}$ — тарифная цена (кВт/ч);

$t_{об}$ — время работы оборудования (ч.).

Время работы оборудования вычисляется исходя из календарного плана и учитывая 8-часовой рабочий день. Затраты по электроэнергии заносятся в таблицу

Таблица 6.5 – Затраты на электроэнергию

Оборудование	Время работы $t_{об}$ (ч.)	Потребляемая мощность $P_{об}$ (кВт.)	тарифная цен $C_{э}$ (кВт/ч);	Затраты $\mathcal{E}_{об}$ (руб.)
Осциллограф	61.2	0,06	4.3	15.79
Вольтметр	61.2	0,02		5.27
Источник питания	61.2	0,04		10.53
Персональный компьютер	231	0,12		119.20
Итого:	414.6	0,24		150.79

Итоговые затраты на электроэнергию составляют:

$$\mathcal{E}_{общ} = 150.79 \text{ руб.}$$

6.3.3 Расчет затрат на основную заработную плату

Расходы на оплату труда относятся: начисления денежных средств сотрудникам предприятия. Данные расходы определяются по тарифным ставкам, по уровню образования сотрудника, по характеру сложности выполняемой работы, по географическому положению предприятия.

Для начала необходимо рассчитать основную заработную плату:

$$\mathcal{Z}_{осн} = \mathcal{Z}_{дн} \cdot T_p$$

где

$\mathcal{Z}_{осн}$ — основная заработная плата (руб.);

$\mathcal{Z}_{дн}$ — среднедневная заработная плата работника;

T_p — продолжительность работ, выполняемая работником.

Средняя заработная плата рассчитывается по формуле:

$$\mathcal{Z}_{дн} = \frac{\mathcal{Z}_м \cdot M}{F_m}$$

где

Z_m —месячный должностной оклад работника(руб.);

M —количество месяцев работы без отпуска в течение года;

F_m —действительный годовой фонд рабочего времени

Месячный должностной оклад работника рассчитывается исходя из следующей формулы:

$$Z_m = Z_{mc} \cdot (1 + k_{np} + k_{\partial}) \cdot k_p$$

где

Z_{mc} —заработная плата по тарифной ставке (руб.);

k_{np} —премиальный коэффициент, равный 0,3;

k_{∂} —коэффициент доплат и надбавок (0,2-0,3);

k_p — районный коэффициент (1,3 для Томска).

Все полученные данные заносятся в таблицу.

Таблица 6.6 — Затраты на основную заработную плату

Исполнитель	Разряд	k_m	Z_{mc} руб.	k_{np}	k_{∂}	k_p	Z_m руб.	$Z_{\partial n}$ руб.	T_p	$Z_{осн}$ руб.
Научный руководитель	17	3,51	16853,4 4	0	0,2	1,3	26291,37	29394,57	0,6 7	21667,9 1
Инженер	2	1,04	12436	0,3	0,2	1,3	18657,2	25387,24	1,7 2	43659,6 7
Итого										64237,5 8

6.3.4 Расчет дополнительно заработной платы

Дополнительная заработная плата рассчитывается в случае отклонений норм труда:

$$З_{дон} = k_{дон} \cdot З_{осн}$$

где

$k_{дон}$ — дополнительный коэффициент заработной платы (0,12–0,15).

Для инженера дополнительная заработная плата составила:

$$З_{дон} = 5232,23 \text{ руб.}$$

6.3.5 Расчет отчислений во внебюджетные фонды

В данном разделе учитываются обязательные взносы в пенсионный фонд, фонд социального страхования, а также медицинского страхования. Данные расходы рассчитываются по следующей формуле:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{дон})$$

где

$k_{внеб}$ — коэффициент отчислений во внебюджетные фонды.

$$k_{внеб} = k_{пен.ф.} + k_{соц.стр.} + k_{мед.стр.}$$

где

$k_{пен.ф.}$ — коэффициент отчислений в пенсионные фонды (0,22);

$k_{соц.стр.}$ — коэффициент социального страхования (2,9);

$k_{мед.стр.}$ — коэффициент медицинского страхования (5,1).

Отсюда получаем:

$$k_{внеб} = 0,3$$

$$З_{внеб} = 0,3 \cdot 69403,05 = 20750,91 \text{ руб.}$$

Суммируя все статьи расходов получаем общую себестоимость дипломного проекта, полученные результаты заносятся в общую таблицу

Таблица №6.7 – Отчисления во внебюджетные фонды

Статья расходов	Стоимость (Ист. 2) руб.	Стоимость (Ист. 1) руб.
Материальные затраты	1326,9	965,6
Затраты на электроэнергию	150,79	150,79
Затраты на основную заработную плату	64237,58	64237,58
Затраты на дополнительную заработную плату	5232,23	5232,23
Затраты на отчисление во внебюджетные фонды	20750,91	20750,91
Итого	91698,41	91234,56

В итоге общие затраты на реализацию научного проекта составило:

$$C_{общ\ 1} = 91698,41 \text{ руб}$$

$$C_{общ\ 2} = 91234,56 \text{ руб}$$

Вывод: Видно, что величина общих затрат отличаются незначительно, ввиду того, что доля материальных затрат незначительна. Основную долю затрат составила зарплата.

6.4 Оценка эффективности проекта

Немаловажным критерием расчета является оценка эффективности дипломного проекта, определяются две важные составляющие:

- Показатель финансовой эффективности
- Показатель ресурсоэффективности.

Показатель финансовой рассчитывается по следующей формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}$$

где

$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ — интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} — стоимость i-го варианта исполнения;

Φ_{max} — максимальная стоимость исполнения проекта (в т.ч. аналоги).

Таблица №6.8 – Интегральный финансовый показатель

Параметр	Φ_{pi} руб.	Φ_{max} руб.	$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$
Исполнитель 1	91698,41	18282,97	0,51
Исполнитель 2	91234,56		0,48

Из таблицы видно, что интегральный показатель не сильно отличается. Он имеет величину меньшую единицы, соответственно разработка эффективна.

Теперь производится расчет ресурсоэффективности. Данный показатель рассчитывается по следующей формуле:

$$I_{pi} = \sum_{i=1}^N a_i \cdot b_i$$

где

I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;
 a_i – весовой коэффициент i -го признака научно-технического эффекта;
 b_i – количественная оценка i -го признака научно-технического эффекта, в баллах (от 1 до 10).

Расчет ресурсоэффективности производится по каждому критерию, по которому характеризуется готовый рабочий прототип (удобство эксплуатации, точность позиционирования и т.д.) и заносится в следующую таблицу.

Таблица №6.9 – Ресурсоэффективность

Критерий	Весовой коэффициент	Балльная оценка	
		Исп.1	Исп.2
Удобство в эксплуатации	0,1	5	3
Точность позиционирования	0,25	7	8
Помехоустойчивость	0,1	8	6
Энергосбережение	0,15	5	7
Надежность	0,25	9	7
Материалоемкость	0,05	4	6
Цена	0,1	2	2
Итого	1	34	42

Анализируя таблицу рассчитывается интегральная оценка эффективности для двух исполнений.

$I_{p1} = 6,35$ показатель ресурсоэффективности для первого исполнения;

$I_{p2} = 7,28$ показатель ресурсоэффективности для второго исполнения.

Получив значения коэффициентов ресурсоэффективности и финансовой эффективности рассчитывается показатель эффективности разработки:

$$I_{исп.i} = \frac{I_{pi}}{I_{финр.i}}$$

$I_{исп.1} = 12,83$ интегральный показатель эффективности вариантов;

$I_{исп.2} = 13,47$ интегральный показатель эффективности вариантов.

Для качественного анализа используется сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{ср.} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}}$$

$$\mathcal{E}_{ср.} = 0,95$$

Все полученные параметры сравнительного анализа заносятся в таблицу

Таблица №6.10 – Параметры сравнительного анализа

Показатели	Исп. 1	Исп. 2
Интегральный показатель финансовой эффективности	0,51	0,48
Интегральный показатель ресурсоэффективности	6,35	7,28
Интегральный показатель эффективности вариантов	12,83	13,47
Сравнительная эффективность	0,95	

Видно что сравнительная эффективность $\mathcal{E}_{ср.}$ меньше единицы, это говорит о том, что второй вариант исполнения разработки более эффективен с точки зрения финансовой и ресурсной эффективности. Поэтому для создания прототипа выбирается именно он.

Вывод: В данном разделе были рассчитаны основные показатели на каждом этапе проектирования, рассмотрены эффективности выполненного продукта с точки зрения финансовой и ресурсной эффективности.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
1ВМ61		Лисицыну Александру	
Школа	Неразрушающего контроля и безопасности	Отделение	Электронной инженерии
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Машиностроение

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения.	Разработка источника питания сварочной дуги на базе импульсно-регулируемого сопротивления. Данная разработка является методом повышения эффективности процесса сварки плавящимся электродом.
---	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность	Анализ выявленных вредных факторов: – Отклонение показателей микроклимата в производственных помещениях; – Отсутствие или недостаток необходимого естественного (искусственного) освещения; Анализ выявленных опасных факторов: – Движущиеся машины и механизмы; незащищенные подвижные элементы производственного оборудования; – Электрический ток; – УФ излучение; – Повышенная температура поверхности; – Баллоны под давлением.
2. Экологическая безопасность.	Воздействие на окружающую среду сводиться к минимуму, за счет отсутствия загрязняющих веществ. Поскольку все используемые материалы отправляются на дальнейшие исследования.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.	– Пожар является возможной причиной чрезвычайной ситуации. Одной из причин возникновения пожара является нахождение в рабочей зоне баллона под давлением.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	– Правовые нормы трудового законодательства; – Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева И.Л.	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ61	Лисицын Александр Андреевич		

7 Социальная ответственность

Введение

Объектом исследования в моей работе является «Разработка источника питания сварочной дуги на базе импульсно-регулируемого сопротивления», выполняемая в рамках научно-исследовательской работы для организации. Заинтересованными лицами в полученных данных будут являться сотрудники инженерной школы неразрушающего контроля и безопасности НИ ТПУ. Также потенциальными потребителями результатов разработок будут небольшие мастерские и индивидуальные потребители, применяющие орбитальную сварку на предприятиях.

Основная задача данной работы состоит в том, чтобы предложить устройство для адаптации угла наклона электрода при орбитальной сварке, используемое в сварочных роботах, которые адаптированы для орбитальной сварки магистральных трубопроводов. При этом устройство должно обеспечивать постоянную длину вылета электрода и скорость сварки.

7.1 Производственная безопасность

Эксплуатация источника питания сварочной дуги на базе импульсно-регулируемого сопротивления производится в лаборатории, мастерских, либо в каком-то помещении или на специализированных площадках, оборудованными и предназначенными для проведения сварочных работ. При эксплуатации специализированного робота, прежде всего, возникают такие опасные и вредные факторы, которые могут воздействовать на здоровье работающего персонала, указанные в таблице 7.1.

Таблица 7.1 - Опасные и вредные факторы при эксплуатации источника питания сварочной дуги на базе импульсно-регулируемого сопротивления

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-2015)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Проведение сварочных работ: 1) Сварка труб; 2) Проведение ремонтных работ по заварке дефектных мест.	1. Отклонение показателей микроклимата в производственных помещениях; 2. Отсутствие или недостаток необходимого естественного (искусственного) освещения; 3. УФ-радиация.	1. Движущиеся машины и механизмы; незащищенные подвижные элементы производственного оборудования; 2. Электрический ток; 3. Повышенная температура поверхности; 4. Баллоны под давлением.	ГОСТ 12.1.003–2014 ССБТ[5], ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ[6], ГОСТ 12.1.012–90 ССБТ[7], ГОСТ 12.1.045–84 ССБТ[8], СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03[9], СанПиН 2.2.4.548–96[10], СН 2.2.4/2.1.8.562–96[11], СН 2.2.4/2.1.8.566–96[12], СП 52.13330.2011[13], СанПиН 2.2.2.540-96[14], ГОСТ Р 8.901-2015 СанПин 2.2.4.3359-16 , ГН 2.2.5.686-98[16], ГОСТ 12.1.019–79[17], ГОСТ 12.1.005–88[18], ГОСТ 12.1.007-76[19], СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03[20], ГОСТ 12.2.009-80[21] ГОСТ 12.2.003-91[22].

При организации рабочего места, следует принять во внимание тот факт, что качество и производительность труда, зависят от существующих на данном рабочем месте условий труда и соответствия этих условий установленным нормам. Организация рабочего места заключается в выполнении ряда мероприятий, обеспечивающих рациональный и безопасный труд и должна соответствовать ГОСТ 22269–76.

При механизированной сварке плавящимся электродами в среде защитных газов на рабочих столах (или манипуляторах) должны быть установлены наклонные или вертикальные панели равномерного всасывания или широкие боковые отсосы, регулируемые с таким расчетом, чтобы ни нарушать газовую защиту дуги.

Требования к выбору и применению средств индивидуальной защиты (СИЗ).

Работники, занятые производством электросварочных работ, должны обеспечиваться средствами индивидуальной защиты, в соответствии с правилами обеспечения работников специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты.

Спецодежда должна быть безвредной, удобной, не стеснять движения работающего, не вызывать неприятных ощущений, защищать от искр и брызг расплавленного металла, свариваемого изделия, влаги, производственных загрязнений, механических повреждений, отвечать санитарно-гигиеническим требованиям и условиям труда. Выбор спецодежды в зависимости от методов сварки и условиям труда должен производиться в соответствии с рекомендациями ГОСТ 12.4044 и ГОСТ 12.4 010.

1. Отклонение показателей микроклимата в производственных помещениях

Избыточное тепло- и влаговыделения, а также высокая подвижность воздуха ухудшают микроклимат производственных помещений, затрудняют терморегуляцию, неблагоприятно влияют на организм работающих и способствуют снижению производительности и качества труда.

Несмотря на то, что показатели, определяющие микроклимат в помещении, могут значительно колебаться (в пределах допустимого), температура тела человека остается, как правило, постоянной.

При понижении температуры окружающего воздуха возникают ограничения теплоотдачи организмом, что снижает кровоток в кожных покровах и уменьшает влажность кожи. При повышении температуры воздуха происходят обратные процессы. В теплообменных процессах механизмам теплоотдачи принадлежит ведущая роль.

В нормальных микроклиматических условиях теплоотдача организмом осуществляется в основном за счет излучения, на долю которого приходится около 45% всей удаляемой теплоты, в меньшей степени за счет конвекции (перенос теплоты частицами воздуха) - 30% и испарения - 25%. При пониженной температуре окружающей среды возрастает вклад конвекционно - радиационных теплопотерь организмом, а при повышенной температуре - испарения. При температуре окружающего воздуха, равной температуре тела, единственным способом теплоотдачи организмом становится испарение пота.

Отдача тепла испарением пота зависит от относительной влажности и скорости движения окружающего воздуха.

Интегральным показателем теплового состояния организма человека является температура тела. О степени напряжения терморегуляции и о тепловом состоянии организма судят по изменениям температуры кожи и тепловому балансу. Косвенными показателями теплового состояния могут служить влагопотери и реакция сердечно-сосудистой системы (частота сердечных сокращений, величина артериального давления и др.). Стойкое напряжение терморегуляции вследствие постоянного перегревания или переохлаждения организма способствует развитию некоторых заболеваний.

В условиях нагревающего микроклимата ограничение теплоотдачи может привести к перегреванию организма. Это состояние характеризуется повышением температуры тела, учащением пульса, обильным потоотделением, а при очень сильном перегревании - тепловым ударом - упадком сил, расстройством координации движений, падением артериального давления, потерей сознания, судорогами.

При работах на открытом воздухе в результате интенсивного солнечного облучения головы возможен солнечный удар. Он проявляется головной болью, расстройством зрения, рвотой, судорогами, но при нормальной температуре тела.

Под действием инфракрасного облучения возникают как местные (повышение температуры кожи, помутнение хрусталика - катаракта), так и общие изменения (нарушения функций сердечно-сосудистой и нервной систем). Инфракрасное лучистое тепло, кроме непосредственного воздействия на работников, нагревает окружающие конструкции (пол, стены, оборудование), повышает температуру внутри помещения, тем самым ухудшает условия работы.

Категория работ относится к Ia категории с интенсивностью энерготрат 201-250 ккал/ч (233-290 Вт), связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением (ряд профессий в механизированных литейных, прокатных, кузнечных, термических, сварочных цехах машиностроительных и металлургических предприятий и т.п.).

Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны должны соответствовать ГОСТ 12.1.005–88. Оптимальные и допустимые нормы

температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха приведены в таблице 7.2

Таблица 7.2 – Оптимальные и допустимые нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений (по ГОСТ 12.1.005–88)

Период года	Температура, °С					Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
	Оптимальная	Допустимая на рабочих местах				Оптимальная	Допустимая, не более	Оптимальная, не более	Допустимая, не более
				Нижняя					
			Не пост.	Пост.	Не пост.				
Холодный	22-24	25	26	21	18	40-60	75	0,1	0,1
Теплый	23-25	28	30	22	20	40-60	70	0,1	0,1

Микроклимат комнаты поддерживается на оптимальном уровне системой водяного центрального отопления, естественной вентиляцией, а также искусственным кондиционированием и дополнительным прогревом в холодное время года.

2. Отсутствие или недостаток необходимого естественного (искусственного) освещения

Рациональное освещение имеет большое значение для высокопроизводительной и безопасной работы. Нормирование значений освещенности рабочей поверхности для данной группы помещений составляет 300 лк (СП 52.13330.2016. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95 действующая на 2018 год).

Недостаточная освещенность может быть вызвана ошибочным расположением ламп в помещении, не правильным выбором количества

осветительных приборов и не рациональной загрузкой на них электрического тока. Данный фактор может стать причиной неадекватного восприятия человека технологического процесса, его утомления, а также вызвать пульсирующие головные боли.

Для производственных помещений, а также научно-технических лабораторий, коэффициент естественного (КЕО) не должен превышать 2.1%, а коэффициент пульсаций освещенности (K_p) не должен быть больше 10%. В соответствии с требованиями СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03.

3. УФ-радиация

В целях профилактики неблагоприятного воздействия УФ-излучения важно соблюдать гигиенические нормативы, в частности ГОСТ Р 8.901-2015 «СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ ХАРАКТЕРИСТИК УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ».

Источником УФ-радиации является источник питания сварочной дуги.

Действие на организм ультрафиолетового излучения является самым опасным для глаз, так как вызывает временное повреждение глаз (сварочная вспышка). Может быть резкая боль в глазах, светобоязнь, воспаление слизистой оболочки глаз. Ультрафиолетовое излучение может также повредить кожу как при солнечном ожоге.

Допустимая интенсивность облучения работающих при наличии незащищенных участков поверхности кожи не более $0,2 \text{ м}^2$ и периода облучения до 5 мин, длительности пауз между ними не менее 30 мин и общей продолжительности воздействия за смену до 60 мин - не должна превышать:

- $50,0 \text{ Вт/м}^2$ - для области УФ-А;
- $0,05 \text{ Вт/м}^2$ - для области УФ-В;
- $0,001 \text{ Вт/м}^2$ - для области УФ-С.

Допустимая интенсивность ультрафиолетового облучения работающих при наличии незащищенных участков поверхности кожи не более $0,2 \text{ м}^2$ (лицо, шея, кисти рук и др.), общей продолжительности воздействия излучения 50% рабочей смены и длительность однократного облучения свыше 5 мин и более не должна превышать:

- $10,0 \text{ Вт/м}^2$ - для области УФ-А;

- 0,01 Вт/м² - для области УФ-В.

Излучение в области УФ-С при указанной продолжительности не допускается.

При использовании специальной одежды и средств защиты лица и рук, не пропускающих излучение (спилк, кожа, ткани с пленочным покрытием и т.п.), допустимая интенсивность облучения в области УФ-В + УФ-С (200 – 315 нм) не должна превышать 1 Вт/м².

В случае превышения допустимых интенсивностей облучения, приведенных в разд. 2, должны быть предусмотрены мероприятия по уменьшению интенсивности излучения источника или защите рабочего места от облучения (экранирование), а также по дополнительной защите кожных покровов работающих.

1. Движущиеся машины и механизмы; незащищенные подвижные элементы производственного оборудования

К подвижным частям оборудования относятся:

- подвижные стойки или корпуса роботов;
- вращающиеся шпиндели с закрепленными в них заготовкой или инструментом;
- ходовые винты;

Источниками движущихся частей также являются транспортные устройства для перемещения сварочной головки. Основной величиной, характеризующей опасность подвижных частей, является скорость их перемещения. Согласно ГОСТ 12.2.009-80 опасной скоростью перемещения подвижных частей оборудования, способных травмировать ударом, является скорость более 0,15 м/с.

Движущиеся части оборудования представляют опасность травмирования рабочего в виде ушибов, порезов, переломов и др., которые могут привести к потере трудоспособности.

В соответствии с ГОСТ 12.2.003-91 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности» движущие части производственного оборудования, если они являются источником опасности, должны быть ограждены, за исключением частей, ограждение которых не допускается функциональным их назначением.

Одним из важных условий безопасного труда является недоступность подвижных частей оборудования, для рабочего, в ходе технологического процесса.

Для этого проводят следующие мероприятия:

1. Устанавливают защитные устройства (местные ограждения, крышки, кожуха и др.). Защитные кожуха установлены вокруг рабочей зоны.
2. Крупногабаритные перемещающиеся части оборудования и транспортные устройства окрашивают чередующимися под углом 45° полосами желтого и черного цветов.
3. На наружной стороне ограждений наносят предупреждающий знак опасности по ГОСТ 12.4.026-2015.
4. При установке заготовок и снятии деталей применяются автоматические устройства (механические руки, револьверные приспособления и др.) для исключения соприкосновения рук станочников с движущимися приспособлениями и инструментом.
5. Контроль на установках размеров обрабатываемых заготовок и снятие деталей для контроля проводится лишь при отключенных механизмах вращения или перемещения инструмента и приспособлений.

2. Электрический ток

Все оборудование должно быть выполнено в соответствии с требованиями ГОСТ Р 12.1.019-2009.

Лаборатория, в которой выполнялась работа, относится к категории помещений без повышенной опасности, поскольку она характеризуется следующими признаками: температура воздуха и влажность в норме, отсутствие сырости. Но в процессе деятельности с электроприборами, работающим от источника тока, может возникнуть опасность поражения

электрическим током. Основными причинами этого могут послужить следующие факторы: прикосновение к токоведущим частям или прикосновение к конструктивным частям, оказавшимся под напряжением.

С целью исключения опасности поражения электрическим током необходимо соблюдать следующие правила электрической безопасности:

- при появлении признаков замыкания необходимо немедленно отключить от электрической сети компьютера;
- запрещается при включении компьютера одновременно прикасаться к приборам, имеющим естественное заземление.

К защитным мерам от опасности прикосновения к токоведущим частям электроустановок относятся: изоляция, ограждение, блокировка, пониженные напряжения, электрозащитные средства.

Среди распространенных способов защиты от поражения электрическим током при работе с данным устройством необходимо:

- защитное заземление – предназначено для превращения «замыкания на корпус» в «замыкание на землю», с тем, чтобы уменьшить напряжение прикосновения и напряжение шага до безопасных величин (выравнивание самый распространенный способ защиты от поражения электрическим током;
- системы защитного отключения – отключение электроустановок в случае проявления опасности пробоя на корпус;
- предохранительные устройства.

К работам на электроустановках допускаются лица, достигшие 18 лет, прошедшие инструктаж и обученные безопасным методам труда. К тому же электробезопасность зависит и от профессиональной подготовки работников, сознательной производственной и трудовой дисциплины. Целесообразно каждому работнику знать меры первой медицинской помощи при поражении электрическим током.

3. Повышенная температура поверхности

Интенсивность инфракрасного (теплого) излучения от свариваемых изделий и сварочной ванны определяется температурой изделий, их габаритами и конструкцией, а также температурой и размерами сварочной ванны. При

отсутствии средств индивидуальной защиты воздействие теплового излучения интенсивностью, превышающей допустимые уровни, может привести к нарушениям терморегуляции, тепловому удару. Контакт с нагретым металлом может вызвать ожоги.

Средства защиты указаны в ГОСТ Р 12.4.297-2013 «Одежда специальная для защиты от повышенных температур теплового излучения, конвективной теплоты, выплесков расплавленного металла, контакта с нагретыми поверхностями, кратковременного воздействия пламени»

Спецодежда должна полностью закрывать верхнюю и нижнюю части тела, шею, руки и ноги. Спецодежда может быть выполнена в виде куртки и брюк, или куртки и полукомбинезона. По согласованию с потребителем спецодежда может быть выполнена в виде комбинезона. Куртка должна закрывать верхнюю часть брюк не менее чем на 20 см при выполнении рабочих операций. Застежки должны исключать возможность влияния тепловых факторов на тело человека. Низ брюк должен закрывать обувь при ходьбе и выполнении любых рабочих операций. Так же предоставляются специальные краги и обувь.

4. Баллоны под давлением

При работе с кислородными баллонами, а также при их хранении и транспортировке необходимо защищать их от ударов и толчков. Газовые баллоны для сварки взрывоопасны и, чтобы не допустить их взрыва, перемещать их необходимо на рессорных транспортных средствах, обеспечивающих плавность хода, на специальных тележках или носилках, или же транспортировать в специальных контейнерах.

На рабочем месте необходимо обеспечить надёжное закрепление баллонов в вертикальном положении и находится, при этом, на значительном расстоянии от источников тепла и не подвергаться прямому воздействию солнечных лучей. При нагревании газового баллона, давление газа в нём увеличивается и возникает опасность взрыва.

Не допускается хранить кислородные баллоны вместе с баллонами, содержащими горючие газы для газовой сварки. Все газовые баллоны должны проходить периодические испытания. Баллоны, не прошедшие своевременные испытания, недопустимы для эксплуатации. Также не разрешается эксплуатировать баллоны, если они грязные или при наличии у них

механических повреждений (царапин, трещин, вмятин и др.). Особенно тщательно необходимо следить за чистотой штуцера на вентиле кислородного баллона и не допускать попадания грязи и масла на них.

7.2 Экологическая безопасность

Охрану природы можно представить, как комплекс государственных, международных и общественных мероприятий, направленных на рациональное использование природы, восстановление, улучшение и охрану природных ресурсов.

Многие предприятия сейчас внедряют новейшие технологии в процесс эксплуатации, отчистки и утилизации отходов производства. Так, внедрение различных установок для орбитальной сварки в турбостроении значительно упрощают процесс изготовления и ремонта магистральных трубопроводов. Также орбитальную сварку используют при создании цистерн и т.п. Применение орбитальной сварки значительно сокращает время изготовления деталей, но приводит к увеличению затрат электроэнергии, количества электростанций и их мощностей. Соответственно, рост энергопотребления приводит к таким экологическим нарушениям, как глобальное потепление климата, загрязнение атмосферы и водного бассейна Земли вредными и ядовитыми веществами, опасность аварий в ядерных реакторах, изменение ландшафта Земли. Целесообразным является разработка и внедрение систем с малым потреблением энергии. Применение конденсаторов позволяет снизить потребляемую мощность, в 2-3 раза по сравнению с трансформаторными контактными машинами.

В ходе нашей работы были следующие отходы: использованная бумага, катушки из-под сварочной проволоки, которые в ходе их непригодности выкидывались в мусорное ведро, а затем и в мусорный контейнер. Вредных выбросов в водные источники и атмосферу не производилось, чрезвычайные ситуации не наблюдались, поэтому существенных воздействий на окружающую среду и соответственно вреда природе не оказывалось.

Жизненный цикл разрабатываемого устройства

Данное устройство будет выполнено из следующих материалов:

- Металлический корпус и различные болтовые соединения
- Провода различного сечения;
- Движущиеся механизмы (металл).
- Электрические компоненты (электрические схемы и датчики);

По окончании эксплуатации или выхода из строя устройства, годные детали и компоненты будут служить донором для других устройств. Остальные будут отправлены на ремонт, либо на переработку в биологический газ и строительные материалы.

7.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайные ситуации относятся к совокупности опасных событий или явлений, приводящих к нарушению безопасности жизнедеятельности.

Главная задача при чрезвычайных ситуациях - защита населения от возможного поражения. Выполнение этой задачи достигается путем укрытия населения в защитных сооружениях, эвакуацией и обеспечением индивидуальными средствами защиты. Возможные чрезвычайные ситуации - это стихийные бедствия, неожиданное прекращение подачи электроэнергии, воды, взрывы, пожары.

Пожарная безопасность

Пожарная безопасность обеспечивается системой предотвращения пожара и системой пожарной защиты. Во всех служебных помещениях обязательно должен быть «План эвакуации людей при пожаре», регламентирующий действия персонала в случае возникновения очага возгорания и указывающий места расположения пожарной техники.

С целью предотвращения пожаров необходимо:

1. Уходя из помещения проверить отключения всех электронагревательных приборов, электроустановок, а также силовой и осветительной сети.

2. Курить только в отведенных для курения местах.
3. В случае возникновения пожара приступить к его тушению имеющимися средствами, эвакуироваться и вызвать по телефону «01» пожарную службу.
4. Сотрудники должны быть ознакомлены с планом эвакуации людей и материальных ценностей при пожаре. План эвакуации должен находиться в каждом помещении и на каждом этаже лестничной площадке.

Через данное помещение проходит большое количество проводов и большое количество электроприборов. Не правильная изоляция данных проводов, или отсутствие заземления может привести к поражению человека или к возникновению возгораний.

В целях безопасности в помещении имеются рубильники для полного обесточивания помещения, а также изоляция проводов, защитное состояние сети и применение специальных защитных устройств (сетевые фильтры, автоматические выключатели).

Порядок действия в случае возникновения чрезвычайных ситуаций:

1. Если произошло возгорание, принять меры к недопущению пожара и паники; оказать первую помощь пострадавшим.
2. Каждый работник при обнаружении очага загорания или признаков горения (задымление, запах гари, повышение температуры и т. п.) должен: незамедлительно сообщить об этом по телефону «01» или «010» (для мобильной связи). При этом назвать наименование объекта, место взрыва, пожара, а также свою фамилию; принять меры по эвакуации людей, тушению пожара и сохранности материальных ценностей.
3. В случае сильного задымления и ограниченной видимости не следует паниковать, надо лечь на пол (для того, чтобы не задохнуться т.к. дым висит над полом примерно в 30-ти сантиметрах и в этой зоне можно дышать) и осмотреться, сориентироваться в помещении, определить направление движения к выходу и покинуть помещение;

4. Использовать первичные средства пожаротушения: углекислотные огнетушители, асбестовое полотно, войлок (кошма), песок, пожарные краны.

7.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Основной задачей регулирования проектных решений разрешается за счет соблюдения законов (налоговое законодательство, трудовой и гражданский кодексы). Руководитель (ответственный) принимает обязательства выполнения и организации правил эвакуации и соблюдение требования безопасности в помещении.

Обеспечение безопасности человека является одной из главнейших задач общества. Для этого РФ разработана и постоянно совершенствуется система правовых норм. Законодательными основами ее является Конституция РФ, Федеральный Закон «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» и ряд других нормативных документов.

Исполнение требований этих правовых норм возлагается на органы государственной власти РФ, органы государственной власти субъектов РФ, органы местного самоуправления, а также предприятия, учреждения и организации независимо от их организационно-правовой формы.

Целями Федерального Закона являются:

- предупреждение возникновения и развития ЧС;
- снижение размеров ущерба и потерь от ЧС;
- ликвидация ЧС.

Для выполнения указанных целей и защиты населения и территорий от ЧС создана единая государственная система предупреждения и ликвидации ЧС. Принципы построения, состав сил и средств, порядок выполнения задач и взаимодействия основных элементов этой системы определяются законодательством, постановлениями и распоряжениями Правительства РФ.

Планирование и осуществление мероприятий по защите населения и территорий от ЧС должна проводиться с учетом экономических, природных и иных характеристик, особенностей территорий и степени реальной опасности возникновения чрезвычайных ситуаций. Объем и содержание мероприятий по защите от ЧС определяется исходя из принципа необходимой достаточности к максимально возможного использования имеющихся сил и средств.

Ликвидация ЧС осуществляется силами и средствами организаций, органов местного самоуправления, органов исполнительной власти субъектов РФ, на территории которых сложилась чрезвычайная ситуация. При недостаточности сил и средств могут привлекаться силы и средства федеральных органов власти.

В законе «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» рассмотрены также правовые организационные основы, касающиеся вопросов полномочия Президента РФ, Правительства РФ, органов государственной власти РФ и местного самоуправления в области защиты населения от ЧС, создания специального уполномоченного федерального органа для государственного управления и координации деятельности по защите населения от ЧС, рассмотрены права и обязанности граждан РФ в области защиты населения и территорий от ЧС и социальная защита пострадавших.

В заключение этого важнейшего для государства закона рассмотрены правовые аспекты подготовки населения в области защиты, порядок финансового и материального обеспечения мероприятий по защите населения, государственная экспертиза, надзор, контроль и международные договоры в области защиты населения и территорий от ЧС.

При чрезвычайных ситуациях, возникающих на объектах, в организациях, учреждениях, защита персонала и населения от ЧС в значительной степени зависит от готовности служб ГО объектов, их сил и средств, от обученности, подготовленности невоенизированных формирований и проводимых аварийно-спасательных работ, ликвидации последствий ЧС.

Указ Президента РФ № 643-93 требует:

1. Возложить руководство гражданской обороны в организациях и на предприятиях независимо от форм собственности на соответствующих руководителей организаций и предприятий.

2. Определить, что руководители организаций и предприятий независимо от форм собственности несут персональную ответственность за организацию и осуществление мероприятий ГО, создание и обеспечение сохранности накопленных фондов индивидуальных и коллективных средств защиты и имущества ГО, а также за подготовку и обучение населения и персонала действиями в чрезвычайных ситуациях на подведомственных объектах.

Требования к размещению сварных изделий, организации рабочих мест и помещениям – в соответствии с настоящим стандартом и ГОСТ 12.3.002-2014.

- Расстояние между установками должны обеспечивать безопасные условия труда и удобства при эксплуатации, техническом обслуживании и ремонте.
- Рабочее место обслуживающего персонала, взаимное расположение всех элементов (органов управления, средств отображения информации, оповещения и др.) должны обеспечивать рациональность рабочих движений и максимально учитывать энергетические, скоростные, силовые и психофизиологические возможности человека.
- Следует предусматривать наличие мест для размещения съемных деталей, переносной измерительной аппаратуры, хранение заготовок, готовых изделий и др.
- Установки должны эксплуатироваться в специально выделенных помещениях либо могут располагаться в открытом пространстве на трубопроводах.

- Помещения должны соответствовать требованиям пожарной безопасности и иметь необходимые средства предотвращения пожара и противопожарной защиты.
- Отделку помещений следует выполнять только из негорючих материалов. Не допускается применение глянцевых, блестящих, хорошо (зеркально) отражающих лазерное излучение материалов (коэффициент отражения рекомендуется не более 0.4).
- Двери помещений должны иметь знак ультрафиолетовой опасности.
- Высота помещений должна быть не менее 4.2 м. Коммуникации (вода, электроэнергия, воздух, инертные газы и др.) следует прокладывать под полом в специальных каналах с защитными коробами (возвышение над уровнем пола не допускается) или подвешивать кабели на высоте не менее 2.2 м от пола.
- Помещения должны иметь приточно-вытяжную вентиляцию. При необходимости, рабочие места должны быть оборудованы местной вытяжкой с целью исключения попадания в рабочее помещение продуктов взаимодействия ультрафиолетового излучения с обрабатываемыми

Список используемой литературы

1. Лебедев В.К. Тенденции развития источников питания для дуговой сварки. – Автоматическая сварка, 1995. №5(506). с.3–6.
2. Мазель А.Г. Технологические свойства электросварочной дуги. М.: Машиностроение 1969.- 178с.
3. Шейко П.П. Перенос металла при дуговой сварке плавящимся электродом. – Диссертация, 1976. - 18с.
4. Подола Н.В., Шейко П.П.. Генератор типа ИИП-1 для импульсно-дуговой сварки. – Автоматическая сварка, 1965, №6, 75с.
5. Походня И.К. Газы в сварных швах. М.: Машиностроение, 1972. -С.211-217.
6. Оборудование для дуговой сварки: Справочное пособие/ Под ред. В.В. Смирнова. 1986.- 656 с.
7. Зайцев А.И., Князьков А.Ф., Сараев Ю.Н., Дедюх Р.И. Модулятор сварочного тока типа ИРС–300Р. – Информационный листок.
8. Устройство для формирования импульсов сварочного тока. Пат. 2343051 РФ. МПК7 В23К 9/09; НОЗК 3/53 / А.Ф. Князьков, В.Л. Князьков, О.С. Бирюкова, В.А. Устинов. Заявлено 04.06.2007; Опубл. 10.01.2009, Бюл. № 1.
9. Князьков А.Ф., Бирюкова О.С. Перспективы использования дуги горячей в динамическом режиме // Знания, умения, навыки - путь к созданию новых инженерных решений: материалы региональной научно-практ. конф. - Томск. -2007г.-С. 13-15.
10. Ицкохи Я.С., Овчинников Н.И. Импульсные и цифровые устройства. - М.: Советское радио, 1972. - 592 с.

11. Гаврикова Н.А., Тухватулина Л.Р., Видяев И.Г. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учеб.пособ. – Томск: изд-во ТПУ, 2014. – 73с.
–во ТПУ, 2014. – 73с.
12. Охрана труда в машиностроении / Под ред. Е.Я. Юдина. – М.: Машиностроение, 1983. – 432с.
13. Геворкян В.Г. Основы сварочного дела. – М.: Высшая школа, 1985. – 168с.
14. Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность» выпускной квалификационной работы магистров всех направлений и форм обучения ТПУ/ Сост. Ю.В. Бородин, В.Н. Извеков, Е.В. Ларионова, А.М. Плахов. – Томск: изд-во ТПУ, 2014. – 20с.
15. Система технологической адаптации процесса сварки неповоротных стыков трубопроводов // Лисицын А.А., Михеев А.С., Габерлинг И.П., Князьков А.Ф.

Приложение А

Раздел (3 и 5)
Состав системы импульсного питания
Экспериментальная часть

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ61	Лисицын Александр		

Консультант отделения электронной инженерии ИШНКБ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Слободян М.С.	К. Т. Н.		

Консультант – лингвист отделения электронной инженерии ИШНКБ

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Игна О.Н.	Д. П. Н.		

3 The composition of the pulsed power supply system

3.1 Functional scheme of pulse power supply

According to the pulsed power supply process, which was developed in Section 8, a pulsed power supply system was manufactured for welding in a mixture of carbon dioxide and oxygen, which is shown in Figure 3.1.

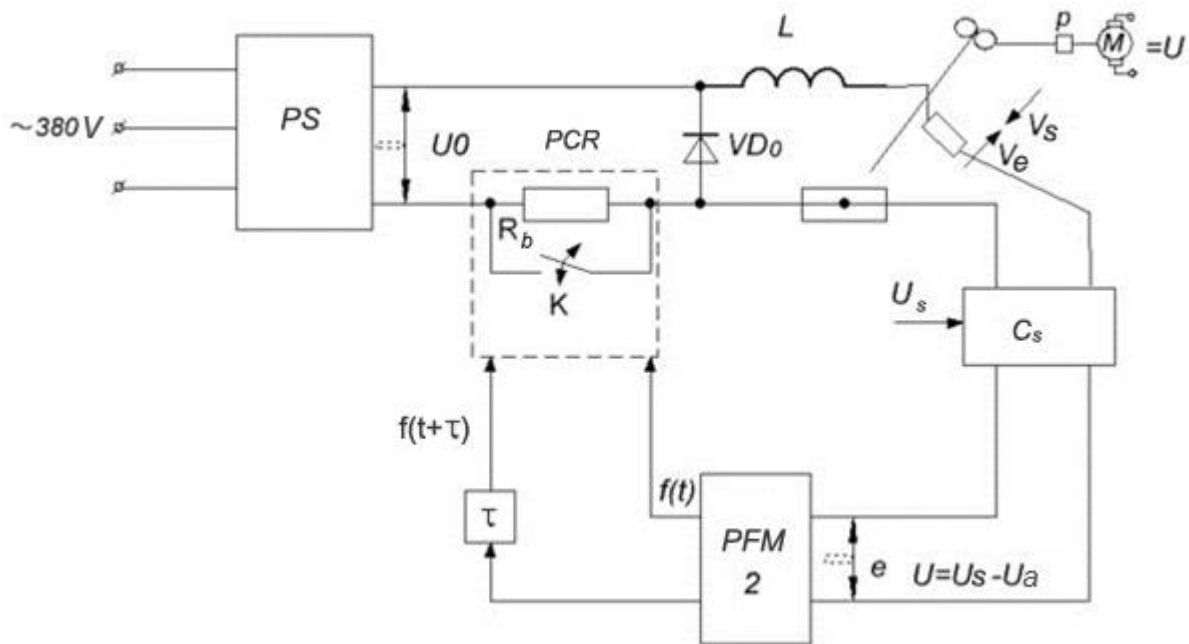


Figure 3.1 - functional diagram.

Figure 3.1 shows the functional diagram of the pulse power supply system, which is based on the principle of pulse-regulated resistance.

The system consists of a power source (III), ballast resistor R_0 , thyristors key-K, voltage sensing device VSD, frequency modulator – FM, delay circuit - τ , τ_d – duration of welding current pulses, choke in the welding circuit L, diode VD, shunting arc gap and choke L in opposite direction, V_f – electrode feed speed, V_e – melting rate of electrode, P – reducer, M – actuating motor, U_a – arc voltage.

When the thyristors key-K is open, a pause current flow, which is determined by the resistance value of the ballast resistor. Closed state of key-K ensures the flow of current pulse. The set voltage in the feedback unit is compared with the

voltage of the arc gap, and the difference of these voltages goes to the input of the pulse-frequency modulator (PFM) and is a modulating function for it. At the output of the PFM appears a sequence of control pulses modulated in frequency. These pulses ensure the closure of the key K, thereby determining the beginning of the current pulse. The same sequence of pulses, passing through the delay line (τ) with some delay, determined by the value (τ_3), is also fed to the key K and causes its opening, thereby determining the duration of the current pulses. When working on the program, turn off the feedback and then the pulse-frequency modulator operates as a relaxation generator with a specified frequency.

Pulsed power supply system (in a wide range of parameters) allows controlled transfer in all spatial positions, which is especially important for welding non-negotiable pipe joints.

Pulse power supply system allows the welding process to drop step t. e. the kinetics of melting and transfer of electrode metal. The developed system distinguishes three operating modes: idling, short circuit and arc burning. It should be borne in mind that in each case it realizes its control algorithm due to feedbacks on the state of the arc gap. In idle mode, the system operates at a minimum frequency, which ensures instant availability and consumes a minimum of energy. In case of a short circuit, the frequency becomes maximum and the pulse duration is limited. In the normal arc burning mode, feedback provides quasi-stability of the arc and a dosage of energy per drop.

The system consists of an actuator - a power unit that includes a power source, which incorporates a ballast resistance R, shunted by the switching device K and control circuits, into the welding circuit.

Conclusion: The developed functional scheme of the pulse power supply system is a closed system providing automatic stabilization of the welding arc voltage and the amplitude of the welding current pulse.

The functional circuit of the pulsed power supply is shown in Figure 5.1, which consists of the following elements:

- power supply – PS;
- ballast resistor – R_b ;
- delay circuit – τ ;
- pulse duration – τ_d ;
- saturating choke - C_s ;

Pulse-controlled resistance - PCR;

Pulse-frequency modulator;

Oscilloscope.

Mode parameters:

I_u - amplitude of current pulses; t_u - duration of current pulses; I_n - pause current; U_s - specified arc gap voltage; \varnothing_e - electrode diameter; V_n - wire feed speed; V_{ws} - welding speed.

When the key switch (K) is open, a pause current flows, which is determined by the resistance value of the ballast rheostat (R_b). Closed state of the key (K) ensures the flow of the pulse current. The set voltage in the feedback unit is compared with the voltage of the arc gap, and the difference of these voltages is applied to the input of the frequency pulse modulator. As a consequence, a sequence of control pulses is simulated in frequency. These pulses open the key (K) and then determine the beginning of the current flow of the pulse. When this sequence of pulses passes with some delay (τ_d) through the delay circuit (τ), it causes the key (K) to open and determines the duration of the current pulse. When working with the feedback program, it turns off, and the pulse-frequency modulator operates as a relaxation oscillator with a predetermined frequency.

5.2 Composition of the experimental setup.

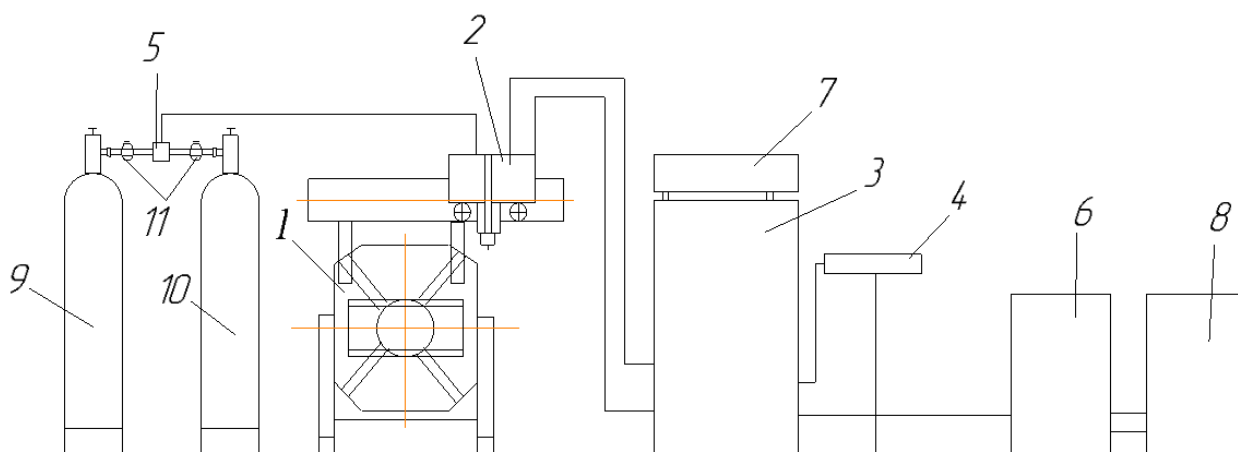


Figure 5.2 - schematic diagram of the experimental setup.

Where:

- 1 – modernized welding manipulator M11060;
- 2 – torch;
- 3 – BARS-2V;
- 4 – remote Control;
- 5 – gas-mixer;
- 6 – welding modulator;
- 7 – oscilloscope;
- 8 – power supply;
- 9 – dioxide balloon;
- 10 – ballon with argon;
- 11 – oxygen pressure regulator.

5.2.1 Purpose and scope of the welding manipulator.

The manipulator with welding speed M11050, M11060 and M11070 is designed for rotating and tilting products with a nominal mass up to 500, 1000, 2000 kgs, respectively, for automatic welding of circular seams in a protective medium of a mixture of gases CO₂ and Ar.

We use a modernized welding manipulator type M11060. Modernization consists in the installation of a fastener for horizontal fixing of samples on the rotary faceplate and a guide along which the torch moves. During welding, the faceplate can be rotated around its axis by 360°, so that welding can be carried out in any spatial positions. Technical characteristics of the manipulator are presented in Table 5.2.1.

Таблица 5.2.1 technical characteristics of the manipulator

Regulator position	Rotational speed of the faceplate, rpm	Rotation frequency of the motor shaft, rpm
1	0,04	30
2	0,05	37,5
3	0,063	47,5
4	0,08	60
5	0,1	75
6	0,12	90
7	0,16	120
8	0,2	150
9	0,25	187,5
10	0,32	240
11	0,4	300
12	0,5	375
13	0,63	473
14	0,8	600
15	1,0	750
16	1,2	900
17	1,6	1200
18	2,0	1500

5.2.2 Torch type GSP – 2

Torch type GSP – 2 is intended for automatic welding of seams by a consumable electrode in the mixture of protective gases CO₂ and Ar. Torch has a mechanism for feeding the electrode wire, mechanisms for vertical and lateral movement of the burner, carriages for moving the torch along the seam.

The system of blocks of type bares -2v is used as control equipment. Torch is designed to work in enclosed spaces with a temperature of 5-35 °C and a relative humidity of not more than 85%. The main technical data are presented in Table 5.2.2.

Table 5.2.2 - main technical characteristics of GSP-2

Welding current, A	above 500
Welding arc voltage, V	34 – 36
Welding speed, m/h	20 – 60
Wire feed speed, m/h	150 – 700
Cross travel speed of the burner, mm/s	above 20
Plunge velocity of the burner, mm/s	above 20
Diameter of electrode wire, mm	above 1,6
The value of transverse displacement of the burner, mm	above 80
The vertical displacement of the burner, mm	above 120
Consumption of protective gas mixture, l/min	30 – 35
Torch dimensions, mm	890x464x296

5.2.3 BARS – 2V

The system of automatic control by welding process BARS-2V is designed to control automatic welding by a consumable electrode at a consumable electrode in a mixture of protective gases. BARS-2V is equipped with a software control that allows you to adjust the welding current, the speed of welding and feeding the filler wire, the oscillation of the electrode. In addition, this system can provide stabilization during welding and conduct tracking of the welding arc voltage.

Main technical parameters of the block system:

- a) supply voltage $220 \pm 10\%$ 50 Hz
- б) power consumption no more than 2,4 kW
- в) output power no more than 0,3 kW
- г) output power of the welding current controller 0,6 kW
- д) welding arc voltage 3,5 27 V
- е) dead zone when following the arc welding voltage, no more than 0,15 V

Table 5.2.3 - technical characteristics of the pulsed power supply system

Magnitude of pulse, A	300÷1200
Pause current, A	40

Middle current, A	120÷300
Repetition rate, Hz	30÷130
Duration of pulses, s	$(2\div 7) \cdot 10^{-3}$
Diameter of electrode wire, mm	$(1\div 1,6) \cdot 10^{-6}$
Open-circuit voltage of the welding source, V	55÷76
Dimensions, mm	590x320x685
Weight, kg	48

5.3 Experimental

Figure 5.3 shows a cyclogram of the pulsed power supply process; in figure 5.3.1 characteristic oscillograms of current and voltage and film frames of the process.

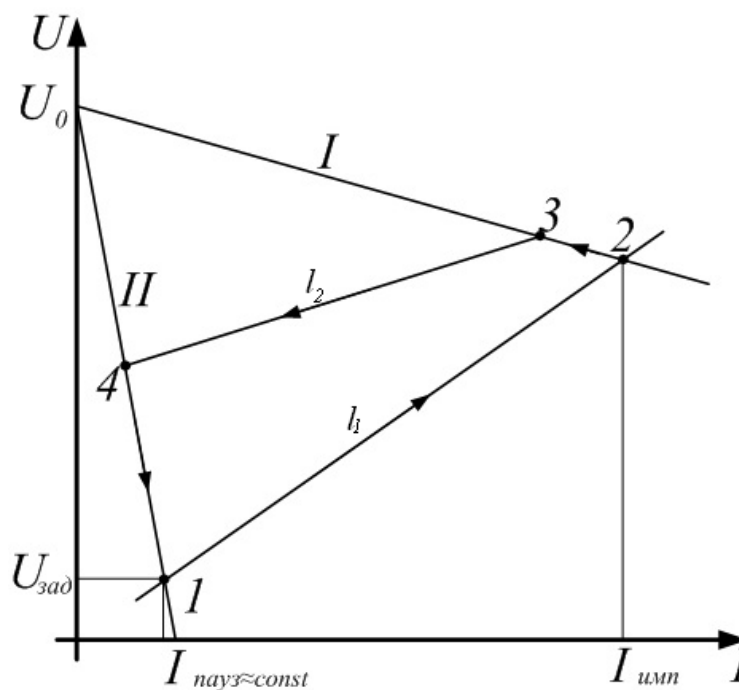


Figure 5.3 - Cyclogram of the pulsed power supply process.

U_0 – idling voltage of the power supply; I – external characteristic of the power supply during the pulse; II – external characteristic of the power source during a pause while burning of duty arc; U_{3a0} – specified arc voltage at the moment of welding current pulse activation; l_1 – The length of the arc corresponding to the characteristic of the arc at the beginning of the pulse; l_2 – same at the end of the pulse.

Figure 5.3.1 shows oscillograms of currents and voltages.

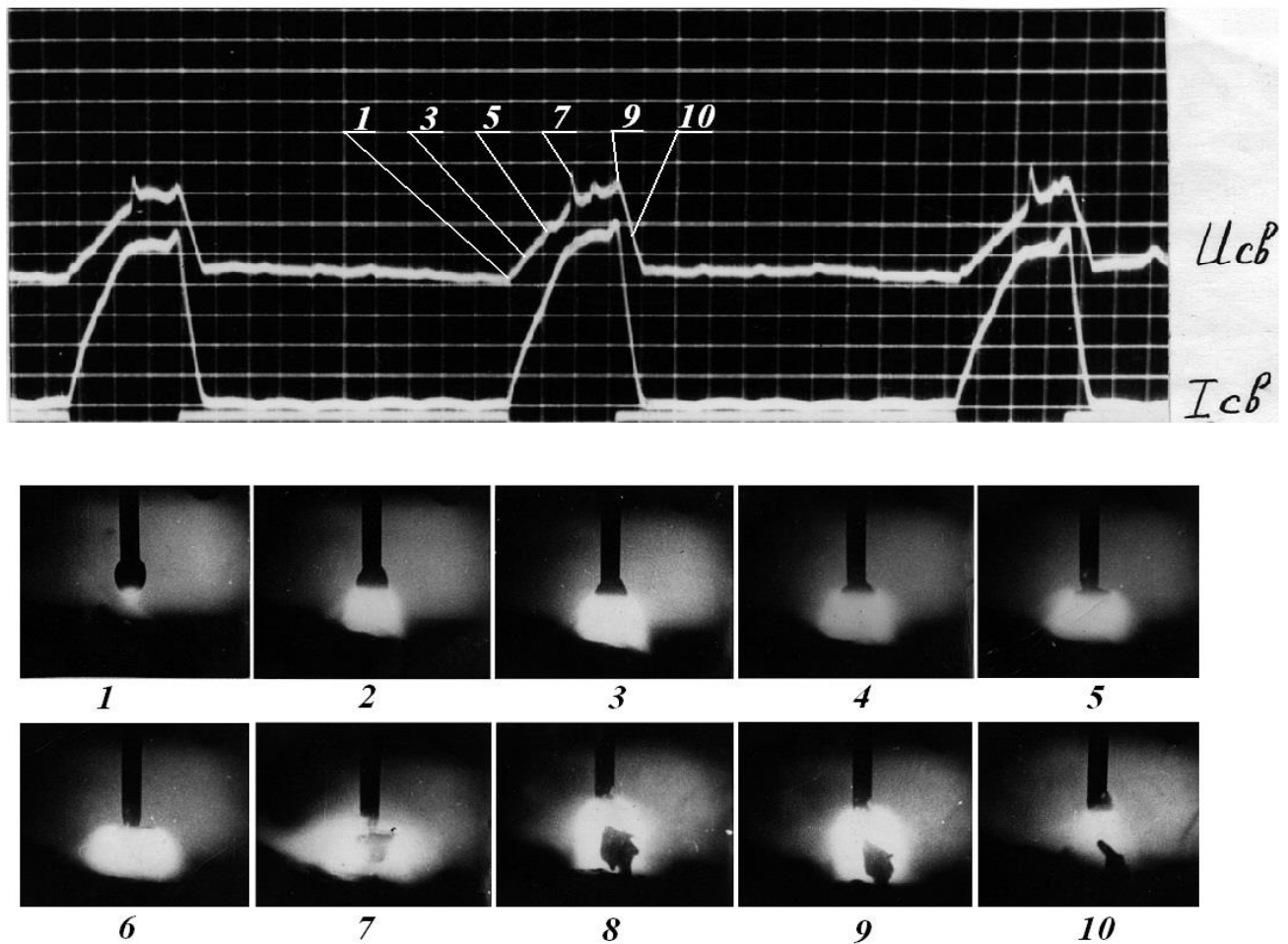


Figure 5.3.1 - oscillograms of the experiment.

The presented oscillograms of currents and voltages show that when controlling the arc voltage at the interval of a pause, it makes it possible to control arc voltages and a quasi-stable process.